

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra pozemního stavitelství



Disertační práce

Faktory ovlivňující biologické napadení fasád

Factors affecting microbial growth on facades

Autor: Ing. Magdaléna Vrbová
Studijní program: P3655 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607 V 025 Teorie konstrukcí
Školitel: prof. Ing. Darja Kubečková, PhD.
Školící pracoviště: 225 Katedra pozemního stavitelství
Datum: únor 2021



Magdaléna Vrbová,

Disertační práce: Faktory ovlivňující biologické napadení fasád

Poděkování

Velmi ráda bych touto formou poděkovala své školitelce paní prof. Ing. Darje Kubečkové, PhD. za několikaletou podporu, odborné vedení, podnětné připomínky a trpělivost při mém doktorandském studiu na Fakultě stavební VŠB-TU Ostrava.

Magdaléna Vrbová



Magdaléna Vrbová,

Disertační práce: Faktory ovlivňující biologické napadení fasád

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci včetně příloh vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě teze disertační práce užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk disertační práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠBTUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího disertační práce.
Souhlasím s tím, že údaje o disertační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo nebo poskytnout licenci k jeho využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

.....

podpis studenta

Obsah

OBSAH	5
ANOTACE DISERTAČNÍ PRÁCE	7
ANNOTATION OF DOCTORAL THESIS	7
1 ÚVOD	8
2 PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY	10
2.1. Faktory ovlivňující biologické napadení fasád	10
2.1.1 Obecné podmínky pro život plísní a řas	11
2.1.2 Regionální podmínky	15
2.1.3 Přítomnost vody	16
2.1.4 Blízkost zeleně a vodních ploch	16
2.1.5 Zastínění fasády	17
2.1.6 Vysoká stěna bez členění fasády	18
2.1.7 Struktura a typ povrchové úpravy zateplovacího systému	18
2.1.8 Délka působení vlhkosti	20
2.1.9 Architektonické řešení	20
2.1.10 Nevhodné řešení detailů	20
2.1.11 Hodnota pH	22
3 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE	23
4 METODY ZPRACOVÁNÍ	24
METODY ZPRACOVÁNÍ ZAHRNÚJÍ:	24
4.1 ANALÝZA TEPELNĚ TECHNICKÝCH, ENERGETICKÝCH A ENVIRONMENTÁLNÍCH SOUVISLOSTÍ S OHLEDEM NA PLATNOU LEGISLATIVU A VE VZTAHU K PANELOVÉ BYTOVÉ VÝSTAVBĚ REALIZOVANÉ V 2. POLOVINĚ MIN. STOLETÍ	26
4.2 POSOUZENÍ FAKTORŮ, KTERÉ OVLIVŇUJÍ BIOTICKÉ NAPADENÍ (FAKTORY: UMÍSTĚNÍ FASÁDY VZHLÉDEM K ORIENTACI KE SVĚTOVÝM STRANÁM, STRUKTURY OMÍTKY, TLOUŠŤCE TEPELNÉ IZOLACE ETICS A BAREVNOSTI FASÁDY)	30
4.2.1 Výskyt mikroorganismů na dodatečně zateplených fasádách panelových bytových domů vybraných lokalit vůči orientaci fasády ke světovým stranám	34
4.2.2 Závislost výskytu četnosti mikroorganismů na struktuře omítky vybraných lokalit	35
4.2.3 Závislost četnosti výskytu mikroorganismů na tloušťce tepelného izolantu ve vybrané lokalitě	37
4.2.4 Závislost četnosti výskytu mikroorganismů na barevnosti fasády ve vybrané lokalitě	39
4.3 DIAGNOSTIKA, ODBĚR VZORKŮ A ANALÝZA VZORKŮ OMÍTEK Z POVRCHU VNĚJŠÍCH FASÁD PANELOVÝCH BYTOVÝCH DOMŮ, KTERÉ JSOU OPATŘENY ETICS	40
4.3.1 Základní pojmy biologie	40
4.3.2 Popis výluhů omítek	42



4.3.3	Výsledky pro lokalitu: Moravská Ostrava	42
4.3.4	Výsledky pro lokalitu: Poruba	49
4.3.5	Zhodnocení vlivu smogu na zkoumané lokality	56
4.3.6	Laboratorní zhodnocení odběru vzorků ze severní strany panelového bytového domu v Porubě a vzorku kůry z blízkého stromu.	60
4.4	POSOUZENÍ FASÁDY RODINNÉHO DOMU OPATŘENÉHO FUNGICIDNÍMI A ALGICIDNÍMI PŘÍPRAVKY	61
4.5	DEFINOVÁNÍ ZÁSAD A OPATŘENÍ OCHRANY PROTI RŮSTU MIKROORGANISMŮ NA FASÁDÁCH PANELOVÝCH BYTOVÝCH DOMŮ	68
5	VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE.....	70
6	KONKRÉTNÍ ZÁVĚRY PRO REALIZACI V PRAXI.....	83
7	ZÁVĚR PRÁCE A DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP.....	84
8	POUŽITÁ LITERATURA A OSTATNÍ PRAMENY	85
9	PUBLIKAČNÍ A TVŮRČÍ ČINNOST K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE	88
10	SEZNAM NOREM, SOFTWARE A OSTATNÍ PRAMENY	89
11	SEZNAM TABULEK	90
12	SEZNAM GRAFŮ	91
13	SEZNAM OBRÁZKŮ	92
14	POUŽITÉ ZKRATKY	95
15	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

Anotace disertační práce

V souvislosti se zvyšujícím se počtem bytových panelových domů, které jsou dodatečně kontaktně zatepleny tepelně-izolačním systémem, vzrostl počet případů, kdy jsou fasády napadeny biodegradací. Zvyšující se počet zateplených domů souvisí zejména s legislativními opatřeními energetické koncepce, která vede zejména ke snížení nákladů na energii. Nezanedbatelný je fakt, že dodatečným zateplením je výrazně podpořen estetický vzhled fasády.

Mikroorganismy, tj. řasy, plísně a ev. bakterie mohou růst téměř na každém povrchu, ale ne všechny tepelně izolované fasády panelových bytových domů jsou jimi napadeny. Vhodnými podmínkami pro růst organismů na fasádách panelových bytových domů jsou určitý rozsah teplot, vysoká úroveň vlhkosti, povrchová struktura, dostupnost živin, úroveň pH, atd. Různé organismy mají různé požadavky na růst i rozmnožování.

Z dostupných vědeckých podkladů a zdrojů vyplývá, že v současné době nemáme k dispozici stavební materiál, který by dlouhodobě odolával mikroorganismům. Vegetace, mikroskopické řasy, houby a modrozelené řasy na vnějším povrchu obvodových stěn tak znehodnocují estetickou funkci domu a mohou mít také negativní dopad na zdraví uživatelů postižených domů.

Annotation of Doctoral Thesis

In connection with the increasing number of facades additionally equipped with contact thermally insulated system the number of cases in which facades are depreciated with microbiological vegetation has risen. There are two main reasons for the insulation: lowering energy costs and new look of the facade.

Algae, mould and bacteria can grow on almost every surface, but not all insulated façades are attacked by them. Suitable conditions for growth of organisms on facades are certain ranges of temperature and high moisture level, but also the surface structure, nutrient availability pH, etc. Different organisms have different demands that decides if an organism can grow in a certain environment.

At the present time there is no material that can resist microorganisms for long time. The vegetation of microscopic algae, fungi and blue-green algae on the outer surface of perimeter walls depreciates aesthetical function of facades and can also have a negative impact on the health of population of affected houses.

1 Úvod

Fasády tepelně izolovaných panelových bytových domů napadených mikroorganismy lze chápat jako přirozený, ale negativní jev, který je způsoben změnou fyzikálních vlastností obvodových stěn po zateplení a zejména přírodními vlivy.

Mezi základní požadavky na životnost mikroorganismů patří vlhkost, teplota, živiny, světlo, hodnota pH a kyslík. Na povrchu rostou ty mikroorganismy, pro které jsou klimatické a místní podmínky nejvhodnější. Dostupné vědecké literatury [11, 13, 16] uvádějí, že mikroorganismy, které se vyskytují na površích zateplených fasád (jedná se většinou o houby, řasy, sinice), se nacházejí také v interiérech prefabrikovaných panelových bytových komplexů, například z důvodů špatného režimu ventilace a nedostatečné regulace vytápění. V důsledku toho vzniká přirozená migrace mikroorganismů. Migrace mikroorganismů je proto přirozeným jevem v daném prostředí, kde následuje jejich kolonizace na površích ETICS¹ (za daných faktorů, které ovlivňují mikrobiální růst na fasádách panelových domů), protože většina z nich se přenáší vzduchem.

V souvislosti s rostoucím počtem fasád dodatečně vybavených kontaktním tepelně izolovaným systémem se zvýšil počet případů, kdy jsou fasády napadeny mikrobiologickou vegetací. Vegetace mikroskopických řas a hub na vnějším povrchu obvodových stěn znehodnocuje estetickou funkci fasád.

Bakterie, plísňe i řasy se běžně vyskytují v životním prostředí a za určitých podmínek rostou na fasádách panelových bytových domů. Nežádoucí výskyt těchto mikroorganismů není novým problémem.

V současné době nemáme na stavebním trhu stavební materiál, který by zaručoval stoprocentní odolnost vůči výskytu řas. V případě vhodného prostředí, kdy se vytvoří stinné, chladné a vlhké podmínky za přítomnosti oxidu uhličitého ze vzduchu, rostou řasy na dřevinách, kamenech, betonu, omítce, umělé hmotě či sklu. Na drsném povrchu se však mohou výtrusy řas lépe uchytit, protože struktura povrchu vytváří příznivější podmínky pro růst. Plísňe jsou mikroskopické vláknité houby, více či méně škodlivé. Nárůsty mikroorganismů zhoršují estetický vzhled omítek a podílejí se na jejich degradaci. Na fasádách venkovních objektů lze přijít do kontaktu asi s padesátkou plísňí. Mezi nejčastěji objevující se plísňe patří plísňe rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* a *Penicillium* [1, 2].

Z důvodu zvýšených nároků na šetření energií se poslední dobou často setkáváme s domy opatřenými kontaktními zateplovacími systémy, známými v současné době pod názvem ETICS. V dřívějších letech nebyly fasády domů esteticky výrazné, často se používaly barvy jako šedá, béžová apod. Na nich mohly řasy a plísně pohledově zaniknout, na rozdíl od dnešních barevných fasád, na kterých lze mechy a řasy dobře vidět.

Výstavba panelových bytových domů nejen v České republice zaznamenala průlom v letech 1950 až 1995. Po skončení druhé světové války byla prefabrikace nejrychlejším a nejúčinnějším způsobem výstavby budov, nejednalo se však o nejlepší kvalitu. Panelové bytové domy byly stavěny v různých konstrukčních systémech. Mezi nejčastější konstrukční soustavy panelových domů určené pro bytovou výstavbu v České republice patří: G57, T02B, T03B, TO6B, B70, OP 1.11, OP 1.21, BANKS, HKS 70, Larsen & Nielsen, PS 69, PS 69/2, VVÚ ETA. U všech těchto soustav panelových bytových domů se již po roce 1970 začaly projevovat vady a poruchy hlavně v oblasti nevyhovujících tepelně izolačních vlastností.

Rekonstrukce těchto panelových bytových domů, zejména z hlediska zlepšování tepelně technických vlastností, začala již v 80. letech 20. století a intenzivněji pokračovala po roce 2000 v souladu se zpřísňující se legislativou z oblasti tepelné techniky a energetiky a zvyšujícími se normovými požadavky (byl to hlavně vývoj ČSN 73 0540 a EPBD I. a EPBD II.²⁾ [5, 6, 42].

2 Přehled o současném stavu problematiky

Výskyt mikroorganismů na fasádách panelových bytových domů v podobě biodegradace je zjevný v celé naší republice. Vzhledem k šíři a rozsahu problematiky se práce zaměřuje na Ostravsko, jako na modelový příklad.

Pro Ostravsko je typická zvýšená koncentrace polétavého prachu PM_{10}^3 , který má také určitý vliv na výskyt a život mikroorganismů na panelových bytových domech. Prach může ulpět na fasádách a tvořit tak živnou půdu pro tyto mikroorganismy. Limitní roční koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{10} je na Ostravsku pravidelně překračována. Zhoršená imisní situace je u ostře sledovaného polétavého prachu PM_{10} způsobena především kombinací vlivu významných průmyslových zdrojů (nejvýznamnější vliv hutních podniků), automobilové dopravy a lokálních topenišť. Velmi výrazným příspěvkem ke znečištění ovzduší jsou také dálkové transmise škodlivin z průmyslového jihu Polska. Mezi významné producenty emisí v Ostravě patří mimo jiné průmyslové areály v Mariánských Horách – Vítkovicích (51 až 185 g/m^2) [7].

2.1. Faktory ovlivňující biologické napadení fasád

Mezi základní podmínky pro růst řas a hub na fasádách patří přítomnost:

- mikroorganismů,
- substrátu,
- živin,
- vhodných faktorů okolního prostředí
- a dostatečná vlhkost.

Základní pojmy

Plísně: Tento termín je nevědecké označení pro skupinu mikroskopických hub, které pokrývají povrch substrátu (materiálu na kterém rostou) jemným, bílým nebo barevným myceliem nebo tento substrát prorůstají. Patří do říše hub a nejedná se ani o rostliny ani o živočichy. V porovnání s bakteriemi mají složitější stavbu těla [13].

Mycelium: Mycelium (podhoubí) je shluk vzájemně propletených vláken, charakteristický zejména pro houby a některé bakterie. Vlákná mohou být rozdělena septy (přepážkami) na jednotlivé buňky, nebo tato septa chybějí a celé mycelium je tvořeno jednou buňkou [13].

Řasy: Jsou drobnohledné, rostlinné organismy, jejich tělo není rozlišeno na kořen, stonek a list ale je tvořeno stélkou. Jsou řazeny do nižších rostlin. Jsou vybaveny fotosyntetickými barvivy, které jim umožní za účasti světla vytvářet organickou hmotu a kyslík z látek anorganických [13].

Heterotrofní organismy: Organismy, které nejsou schopny samy vytvářet organické látky z anorganických látek a jsou proto ve své výživě závislé na existenci autotrofních organismů. Jedná se o všechny organismy s výjimkou některých chemosyntetizujících bakterií a zelených rostlin schopných fotosyntézou organické látky vyrobit [13].

Spóra: Spóra (u hub též výtrus) je většinou jednobuněčná struktura, která je adaptovaná k rozšiřování a přežití v nepříznivých podmínkách a slouží k rozmnožování [13].

Saprofyté: Živiny jsou přijímány z odumřelých těl jiných organismů (většina plísní v domácnosti). Saprofytickým způsobem života přijímá výživu většina mikroskopických vláknitých hub. V této skupině jsou především plísňe, které rozkládají organickou hmotu v přírodě. Patří sem však i plísňe, které kazí potraviny nebo napadají a rozkládají různé produkty jež člověk nevyrobil pro jejich potřebu [13].

2.1.1 Obecné podmínky pro život plísní a řas

Zdroj výživy: řasy (CO_2 uhlík ze vzdušného oxidu uhličitého, sůl, stopové prvky)
houby (organicky vázaný uhlík a zdroj dusíku, sůl, stopové prvky)
a dále dešťová voda, usazený prach, vysoká vzdušná vlhkost, kondenzace.

Teplota: řasy ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $70\text{ }^{\circ}\text{C}$)
houby ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $50\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Světlo: řasy (nutné)
houby (není nutné) [11]

Plísně

Vlhkost:

Hlavním faktorem pro růst mikroskopických vláknitých hub je bezpodmínečně voda. Dostatečné množství vody je i nejdůležitějším faktorem pro růst plísní. V suchém prostředí však mohou různě dlouhou dobu přežívat jejich rozmnožovací orgány, tedy spory. Pro růst potřebují plísně určitou vlhkost substrátu a určitou vlhkost okolí. Vlhkost substrátu a jeho schopnost vodu uvolňovat spolu se vzdušnou vlhkostí ovlivňují růst spolu s teplotou substrátu a vzduchu. Růst plísní v neposlední řadě ovlivňuje také obsah živin v substrátu a jiné faktory.

Takto je specifikován komplex požadavků, které potřebují plísně pro svůj život. Tyto požadavky se mění v závislosti na prováděný děj – klíčení, jiné pro růst, rozmnožování. Přes tohle vše má každý rod a každý druh své specifické požadavky.

Obecný požadavek na vlhkost substrátu se může stanovit jako obsah vody, který je uveden v hmotnostních procentech. Další možností, jak vyjádřit obsah vody v substrátu je, součinitel hygroskopické rovnováhy a_w (také označován jako vodní aktivita). Veličina udává poměr tlaku vodní páry v hygroskopickém materiálu k tlaku vodní páry nad čistou vodou za stejných podmínek. Pro čistou vodu platí $a_w=1$. Plísně mohou žít v materiálech, které mají obsah vody od $a_w=0,6$. Přestože plísně vyžadují vysokou vzdušnou vlhkost, k uvolňování spor potřebují zcela jiné vlhkostní podmínky. V určitém období je pro uvolnění spor ideální suché počasí s prouděním vzduchu. Z tohoto důvodu jsou nacházeny nejvyšší počty spor plísní rodu *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* i *Helminthosporium* a dalších právě v suchém letním počasí. Aby došlo k růstu organismů, musí být splněny tyto podmínky: přítomnost mikroorganismů, vhodného substrátu a živin, vhodných faktorů okolního prostředí a dostatečná vlhkost. Chybí-li některá z těchto podmínek, k růstu nedojde [13].

Teplota:

Ideální teplota pro růst plísní je 18-28 °C, mohou však růst i při teplotách vyšších či výrazně nižších. Některé plísně jsou schopny přežívat i pod bodem mrazu, jedná se o druhy plísní, které vytvářejí spory při teplotě 0°C. Teplota nad 70 °C je pro mikroskopické houby likvidační. Existují však termotolerantní druhy, které mohou růst při teplotách 40 °C [13].

Další požadavky:

Mezi další faktory, které nelze opomenout, patří kyslík a pH substrátu. Plísňe jsou aerobní organismy, které potřebují pro svůj růst vzdušný kyslík. Z tohoto důvodu lze vysvětlit, proč plísňe rostou na površích materiálů, kde vytvářejí barevné podklady. Kyslík je pro plísňe zajištěn vždy, jak v interiérech budov, tak v exteriérech. Pro růst plísní je optimální pH mírně kyselé až neutrální. Tohoto je využito ve stavebnictví, nové zdivo, nátěrové hmoty, fasádní barvy a další výrobky mají většinou zásadité pH. Plísňe si ale jsou schopny zásadité prostředí měnit na méně zásadité produkcí organických kyselin [13].

Plísňe, které se nachází na fasádách objektů, jsou zpravidla stejné jako druhy plísní, které lze spatřit na zdech bytů či domů. V životním prostředí jsou mikroskopické vláknité houby – plísňe nepostradatelné. Mikroskopické vláknité houby jsou plísňe, heterotrofní organismy, které energii a látky pro stavbu svých těl získávají z látek organického původu. Zdrojem mohou být látky z rostlin, živočichů, nebo jiných mikroorganismů.

Rozkládají organickou hmotu a významně přispívají ke koloběhu látek a energie v přírodě. Bez jejich aktivity by nebyla recyklována organická hmota v přírodě, a to by mělo pro člověka hluboké následky. Žijí v půdě, na rostlinách, na odumřelých rostlinách i živočišných organismech, prakticky všude, kde je organická hmota. Plísňe jsou přizpůsobivé k vnějšímu prostředí a dobře snášejí nízké pH, nízké teploty i nižší obsah využitelné vody. Mají schopnost růst a přežívat i v prostředí relativně chudém na živiny a vodu. Jejich spóry, tedy rozmnožovací částice, mohou přežívat v prostředí velmi dlouhou dobu [13].

Mezi nejčastěji vyskytujícími se plísněmi na fasádách jsou plísňe rodů *Alternaria*, *Cladosporium*, které jsou schopny růst na fasádách i při nízkých teplotách. *Alternaria* a *Cladosporium* jsou nejvýznamnějšími plísněmi vnějšího prostředí. Jejich četnost a alergologický význam jsou vcelku rovnocenné. Jedná se o druh plísní, který roste jako saprofyte. Maximální výskyt těchto plísní je ovlivněn sezónně, a to v letním období, tedy období hezkých slunných dní, jimž předcházela ranní rosa či období dešťů [14].



Obrázek č.1: Spora venkovní, plísně rodu *Alternaria* velikost 50μm. Decimetrová plocha povlaku plísně produkuje tisíce takových spor [14].

Z důvodů narušení biologické rovnováhy životního prostředí a díky změnám prostředí člověka, se výskyt mikroskopických hub zvýšil. Každý člověk dýchá vzduch, jehož hlavními přírodními složkami jsou spory plísní. A to se týká krom vnitřního prostředí v domech také vnějšího prostředí. Spory mikroskopických hub bývají přítomny v ovzduší, v půdě, ve vodě, na povrchu živých i odumřelých organismů, na předmětech, v potravinových surovinách rostlinného původu, v potravinách samotných a lze je nalézt i v krmivech. Velikost většiny spor alergologicky významných plísní se pohybuje kolem 50 μm. Koncentrace spor plísní ve vzduchu bývá 10× až 100× vyšší než počet pylových zrn v pylové sezóně. Plísně jsou spolu s pyly, roztoči a domácími mazlíčky nejčastějším zdrojem aero alergenů s úzkým vztahem především k alergickým onemocněním dýchacích cest [14].

Řasy

Aby došlo k růstu řas, musí být splněny tyto podmínky: přítomnost mikroorganismů, vhodného substrátu a živin, vhodných faktorů okolního prostředí a dostatečná vlhkost. Chybí-li některá z těchto podmínek, k růstu řas nedojde. Řasy rostou stejně jako mikroskopické houby téměř na každém podkladu. Výživu získávají ze vzduchu a světla. Jako hlavní zdroj výživy řasám slouží uhlík ze vzdušného oxidu uhličitého. Kdežto houbám organicky vázaný

uhlík. Pro řasy je nejvíce důležité světlo. Probíhá u nich Fotosyntéza – přeměna přejaté energie ze slunečního záření na energii chemických vazeb.

Stavební materiál nemá sám o sobě žádné živiny. Dešťová voda zejména ve městech se znečištěným ovzduším obsahuje velké množství rozpuštěných živých látek. Na površích budov je další zásobou usazený prach. Na budovách se vyskytují řasy aeroterestické (Chlorophyceae). Jsou to ty, které žijí mimo vodní prostředí, tedy ve vzduchu, a vodu přijímají z dešťových srážek nebo zkondenzované vodní páry [14].

Na základě vlastního sledování panelových bytových domů ve vybraných lokalitách v letech 2015-2020 a vyhodnocením dostupných odborných zdrojů a vlastních výsledků práce [42-48], lze uvést základní souvislosti a podmínky, které souvisí s výskytem biodegradace fasád.

Jsou to:

- Regionální podmínky,
- přítomnost vody,
- blízkost zeleně a vodních ploch,
- zastínění fasády,
- vysoká stěna bez členění fasády,
- struktura a typ povrchové úpravy zateplovacího systému,
- délka působení vlhkosti,
- architektonické řešení,
- nevhodné řešení detailů,
- hodnota pH.

2.1.2 Regionální podmínky

Regionální oblasti s častým výskytem atmosférických srážek nebo mlh jsou oblasti s vysokou pravděpodobností biotického napadení. Počet bioticky napadených fasád je znatelně vyšší v tzv. smogových oblastech. Smog je silné chemické znečištění ovzduší způsobené lidskou činností charakteristické pro průmyslové regiony a lokality se silnou koncentrací automobilové dopravy (např. Ostravsko, Karvinsko, severní Čechy). Ostrava, jako smogová oblast, vytváří vhodnější mikroklimatické podmínky pro růst mikroorganismů oproti oblastem

bez smogové zátěže. Dešťová voda, zejména ve městech se znečištěným ovzduším, obsahuje velké množství rozpuštěných živných látek [15].

2.1.3 Přítomnost vody

Růst a expanze řas je závislá na přítomnosti vody. Vrstvy omítek zateplovacích systémů (nejčastěji akrylátové, silikátové, silikonové, mozaikové) jsou oproti omítkám jednovrstvých konstrukcí více namáhány vlhkostí. Voda se z povrchu omítek, pod kterým není vrstva polystyrenu, pohybuje kapilární vodivostí směrem k suššímu materiálu (např. keramickému zdivu), tím je výskyt vodního filmu oproti zatepleným fasádám výrazně krátkodobější. Protože pěnový polystyren není rozpustný ve vodě a má uzavřenou mikroskopickou strukturu, nepohlcují uzavřené póry ve své struktuře téměř žádnou vodu. Voda nemůže příliš pronikat do izolace ani do tenké vrstvy omítky a armovací stěrky a hromadí se při povrchu [11, 16].

Významným vlivem, který podporuje dlouhodobý a nerovnoměrný výskyt vlhkosti, je skutečnost, že povrchová vrstva zateplené budovy není oproti stavbám nezatepleným zahřívána v podzimních, zimních a jarních měsících teplem unikajícím z objektu. Z praxe vyplývá, že čím silnější je vrstva tepelné izolace (nejčastěji extrudovaný polystyrén), tím více je problémů s vlhkostí na povrchu fasády. Smyslem vnější tepelné izolace je udržet teplo uvnitř budovy, a to vede k tomu, že vnější omítky, které mají tloušťku několik mm, se za jasných nocí zvláště silně ochlazují. Povrchová teplota ETICS klesá rychleji než teplota okolního vzduchu. Klesne-li teplota pod rosný bod, tak se na chladném povrchu sráží vlhkost. Následkem tohoto ochlazení se tvoří kondenzovaná voda a vlhkost, která nemizí tak rychle (zejména na severní straně fasády), jen velmi pomalu uschne a pro řasy a houby se tak vytváří ideální podmínky.

Zdrojem vlhkosti je kromě zkondenzované vzdušné vlhkosti také voda z dešťových srážek [8].

2.1.4 Blízkost zeleně a vodních ploch

Každá zeleň v bezprostředním kontaktu s objektem, anebo v jeho blízkosti zvyšuje riziko napadení fasády mikroorganismy.

Řasy a houby se přenášejí spory. Zdrojem spor bývají v zastavěných oblastech nejčastěji porosty stromů a keřů, na jejichž kůře se zelené povlaky běžně tvoří, případně

blízkost vodní plochy. Během dne dochází k uvolňování pylových zrn a spor mikroorganismů, a následně k jejich ulpívání na fasádě. Spory se přenášejí na budovy vzduchem a za příznivých podmínek mohou překonat vzdálenosti od zdroje i několik kilometrů [11]. Ve vzduchu se nachází mnoho mikročástic a mikroorganismů, které usnadňují přenos spor na konečné místo. Například prachové částice mohou sloužit jako velmi dobrý prostředek pro vzdušnou cestu spor. Z provedeného výzkumu [17] víme, že v případě odebrání vzorků z fasády domu a ze vzorků kůry z nejbližšího stromy byly nalezeny stejné řasy (Zelené terestrické řasy - Chlorophyceae).

Taktéž stojaté vodní hladiny a vodní toky zvyšují relativní vlhkost vzduchu ve svém blízkém okolí. Zemědělské plochy mohou hrát také významnou roli, neboť v době zavlažování se zvyšuje relativní vlhkost vzduchu [11].



Obrázek č.2: Napadená fasáda v blízkosti zeleně – Poruba 2016, zdroj: autor

2.1.5 Zastínění fasády



Obrázek č.3: Napadená zastíněná fasáda – Poruba 2016, zdroj: autor

Zastínění fasády nastává z hlediska její orientace ke světovým stranám nebo zastíněním porostem či okolními budovami.

Zelené napadení se objevuje nejčastěji na fasádách směřujících na sever, které jsou po většinu dne ve stínu. Riziko vzniku kondenzátu a jeho dlouhodobého působení je zde nejvyšší. Zejména v zimních měsících není fasáda osluněna vůbec. Naopak na sluncem vysušované jižní fasádě mají řasy jen malou šanci zdárně vegetovat.

2.1.6 Vysoká stěna bez členění fasády

Na štítech a fasádách bez okenních otvorů je vegetace rozptýlena v celé ploše, případně se intenzivněji vyskytuje v dolní oblasti nad soklem. Tyto fasády jsou v celé ploše lapačem dešťových srážek, spor a prachových částic. Vegetace se tvoří nejprve v místech s nejvyšší vlhkostí. Na fasádách s umístěnými okenními otvory se porost objevuje především v oblasti meziokenních pásů (Obrázek č. 4). V oblasti pod a nad okny se vyskytuje méně nebo vůbec. Tato místa jsou chráněna parapetem proti stékající vodě a díky horizontálnímu rozdělení fasády okny je zkrácena délka možného působení vody (voda se méně hromadí a rychleji vysychá).



Obrázek č.4: Napadená fasáda v oblasti meziokenních pásů – Poruba 2016, zdroj: autor

2.1.7 Struktura a typ povrchové úpravy zateplovacího systému

Čím drsnější povrch, tím vhodnější z hlediska ulpívání vegetace a prachových částic. Exteriérové omítky jsou nejčastěji používanou povrchovou úpravou. Naopak u hladších povrchů dochází k průběžnému smývání mikroorganismů a prachových částic deštěm. To platí i pro omítky tažené ve vertikálním směru. Během dešťových srážek tak mohou kapky

rychleji stékat ve směru gravitace. U omítek tažených horizontálně či omítek s větší zrnitostí se kapky vody zaráží o rýhy a zrna kameniva.

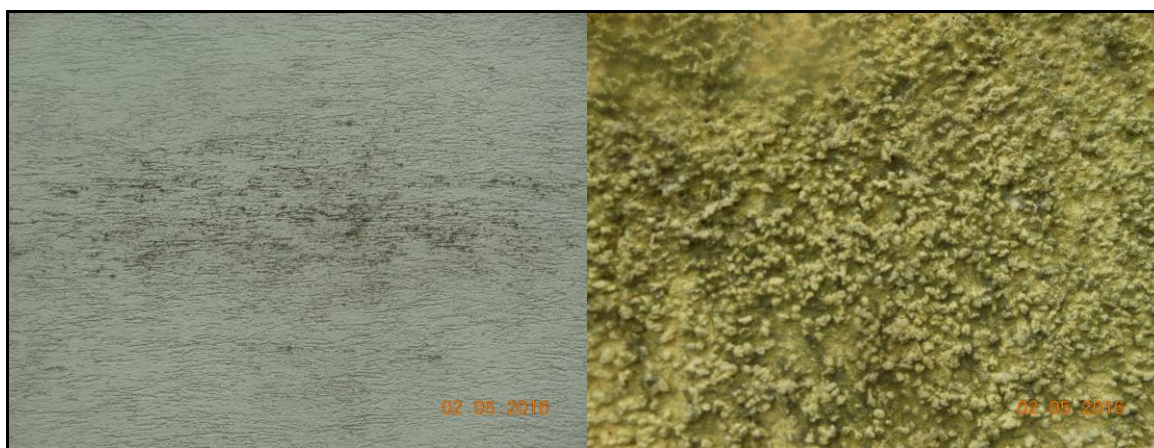
Strukturu omítky ovlivňuje velikost kameniva a směr jejího nanášení. Velikost zrna se pohybuje v rozmezí 0,5 až 3 mm. Styl nanášení (hlazená, rýhovaná, zrnitá, smíšená) omítky a její zrnitost ovlivňují možnost ulpívání mikroorganismů a prachových částic na jejím povrchu.

Mezi finální vrstvy ETICS patří především akrylátové, silikátové, silikonové a mozaikové omítky. Faktor difuzního odporu μ se pohybuje v rozmezí 20–120, součinitel tepelné vodivosti λ bývá okolo $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, tyto vlastnosti se odvíjí od druhu pojiva.

Pojivem akrylátových omítek je syntetická pryskyřice. Akrylátové omítky jsou náchylné k usazování prachových částic, které mohou později sloužit jako živná půda pro vegetaci řas.

Pojivo silikátových omítek tvoří draselné vodní sklo, které je velmi zásadité a v počátcích životnosti tak tvoří díky vyššímu pH (až 12) přirozenou ochranu proti růstu řas. Hodnota pH se však časem snižuje a tím se zeslabuje přirozená ochrana proti biotickému napadení.

Silikonové omítky obsahují silikonové pryskyřice, které omítce dodávají hydrofobní účinky. Mnohdy jsou nazývány jako samočisticí, protože nečistoty jsou lépe smývány deštěm [18,19].



Obrázek č.5: Různé typy povrchových úprav finálních omítek (rýhovaná a zrnitá) – Poruba 2016, zdroj: autor

Faktor difuzního odporu odráží schopnost materiálu nebo látky přerušit tok vodní páry. Stanovuje, kolikrát je odolnost materiálu / látky větší než odolnost stejně silné vrstvy vzduchu

při stejné teplotě (ČSN 73 0540-3, 2006). Tato vlastnost definuje, jak je skladba určité konstrukce propustná pro páry a jak je schopna „dýchat“. Pro přítomnost mikroorganismů jsou výhodné ty skladby, které mají vysokou propustnost pro páry a nezachytávají potenciální vlhkost.

2.1.8 Délka působení vlhkosti

U zdiva bez tepelné izolace trvá riziko noční kondenzace vodní páry po dobu dvou měsíců během kalendářního roku. U zdiva s tepelnou izolací je riziko kondenzace vodní páry na povrchu fasády za nočních podmínek až 6 měsíců [11].

Nejvhodnější podmínky pro dlouhodobé působení vlhkosti jsou na fasádách směřujících na sever, které jsou nejméně vysušovány slunečním zářením. K dlouhodobému působení vlhkosti může přispět také zastínění fasády okolní výstavbou či stromy.

2.1.9 Architektonické řešení

Z dosavadních průzkumů je patrné, že budovy s větším přesahem střechy jsou odolnější vůči biotickému napadení. Hlavním důvodem je, že přesah střechy před fasádu významně omezuje stékání srážkové vody po fasádě. Dosavadní výsledky poukazují na vyšší pravděpodobnost napadení několikapodlažních bytových domů ve srovnání s běžnými dvoupodlažními rodinnými domy.

Rodinné domy mají ve většině případů dostatečný přesah střechy a vlivem malé výšky objektu také kratší dráhu stékání vody po fasádě [11].

2.1.10 Nevhodné řešení detailů

Lokální výskyt skvrn je většinou projevem chyby v provedení zateplení. Nejčastěji se jedná o nevhodné řešení detailů – napojení klempířských prvků na ETICS, případně o jejich úplnou absenci.

U starších typů ETICS se při napadení mikroorganismy na povrchu fasády panelových bytových domů můžeme setkat s dobře viditelnými kruhovými oblastmi viz obrázek č. 6 níže. Tyto oblasti jsou z důvodů vedení tepla lokálními tepelnými mosty přes kovové upevňovací prvky. Jsou teplejší než ostatní povrch fasády, a proto v těchto místech voda nekondenzuje (místa tedy nejsou vlhká).



Obrázek č. 6: Nevhodné řešení detailů při zateplení ETICS – Poruba 2016, zdroj: autor

Mezi další namáhaná místa patří odstříkové plochy, což jsou nechráněná místa, na které se odráží voda z okolních vodorovných povrchů.



Obrázek č. 7, 8, 9



Obrázek č.10, 11

Obrázek č.7-11: Místa namáhaná působením zvýšené vlhkosti na nechráněných odstříkových plochách,
zdroj: autor

2.1.11 Hodnota pH

Hodnota pH prostředí má značný vliv na aktivitu mikroorganismů, protože je důležitým faktorem při příjmu živin mikrobiální buňkou. Vysoké pH růst mikroorganismů zastavuje – to bylo dříve používáno při sanaci stavebních objektů bělením vápnem. Optimální koncentrace vodíkových iontů vhodná pro růst fasádních mikroorganismů se pohybuje v rozmezí pH 4–9 (v extrémech až 3–10).

Mikroorganismy jsou schopny pH stavebního podkladu výrazně měnit. Změny pH prostředí jsou podmíněny jednak množstvím kyselin a zásad, které mikrobi vylučují, jednak disociačními konstantami jednotlivých sloučenin. Tento mechanismus, kterým mikrobi upravují pH okolního prostředí, je biokorozně významný.

Z měření vyplývá, že většina čerstvých tenkovrstvých omítek s polymerním pojivem používaných na ETICS má hodnotu pH v rozmezí cca 6–7. To znamená, že tyto omítkoviny nejsou, v porovnání s ostatními typy omítek na minerální bázi, jejichž pH se nachází na úrovni 10,5 až 11,6 přirozeně nijak chráněny proti výskytu řas a mikroorganismů. Naopak mají pH vhodné pro jejich výskyt [16].

3 Cíl disertační práce

Cílem disertační práce je ověřit vybrané faktory ovlivňující přítomnost či nepřítomnost biotického napadení na fasádách bytových panelových domů zateplených kontaktním zateplovacím systémem (ETICS) a na základě analýzy tepelně technických a environmentálních souvislostí, stanovit míru jejich negativního vlivu se zohledněním faktoru polétavých částic prachu; současně v čase vyhodnotit funkčnost vybraných fungicidních opatření na vybraném objektu.

Na základě těchto zjištěných poznatků definovat zásady a opatření, jak eliminovat či co nejvíce oddálit nežádoucí výskyt mikroskopických řas, hub či sinic.

Problematika pro naplnění cíle disertační práce byla zkoumána na vybraných lokalitách v Ostravě v letech 2015-2020.

4 Metody zpracování

Metody zpracování zahrnují:

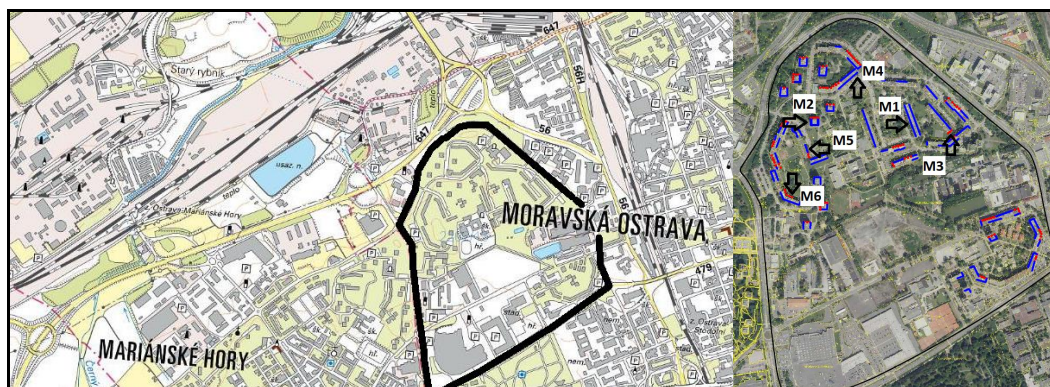
- Sledování vybraných lokalit a vybraných panelových bytových domů (lokalita č.1 – Moravská Ostrava, lokalita č.2 – Ostrava Poruba).
- Vyhodnocení dostupných informací o problematice biodegradací
- Analýzu vybraných oblastí

(Ve zkoumané lokalitě č. 1 je celkem 134 panelových bytových domů, kterým je v katastru nemovitostí přiřazeno vlastní identifikační číslo. Objekty jsou výškové budovy obvykle s min. osmi patry a více. Do studie nebyly zahrnuty panelové bytové domy, které nebyly opatřeny kontaktním zateplením ETICS, popř. sanované objekty. Do studie nebylo zahrnuto celkem 35 objektů (26 %). Výsledné grafy vychází z hodnot, které byly získány z 99 objektů, což je 74 % z vybrané lokality.

Pro druhou lokalitu se jednalo celkem o 124 panelových bytových domů, kterým je v katastru nemovitostí přiřazeno vlastní identifikační číslo. Objekty jsou výškové budovy obvykle s min. osmi patry a více. Do studie nebyly zahrnuty panelové bytové domy, které nebyly opatřeny kontaktním zateplením ETICS, popř. sanované objekty. Do studie nebylo zahrnuto celkem 53 objektů (43 %). Výsledné grafy vychází z hodnot, které byly získány ze 71 objektů, což je 57 % z vybrané lokality).

- Vyhodnocení

Plocha zkoumané lokality č.1 je cca 90 ha. Rozsah lze podrobněji definovat z přiloženého obrázku č. 15 a 16. Z tohoto snímku lze spatřit zastavěné sídliště v nedaleké blízkosti průmyslové zóny [46].

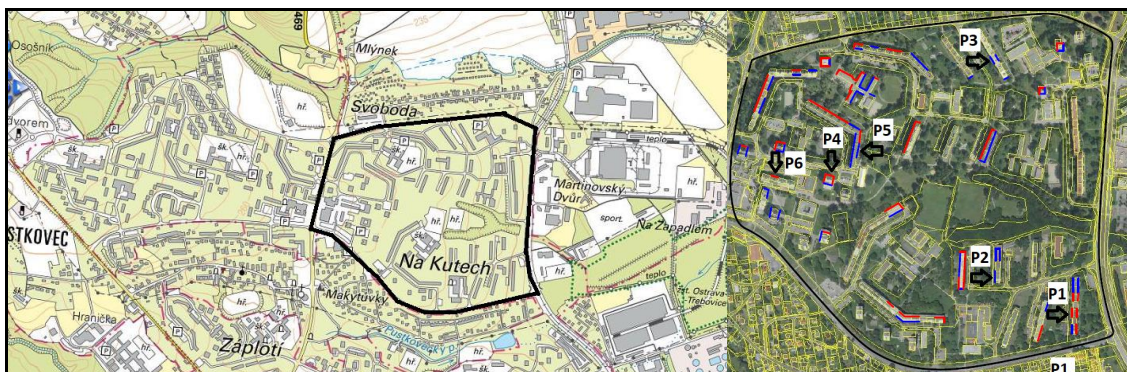


Obrázek č. 15: Umístění lokality č.1 vzhledem k průmyslové zóně dolní oblasti Vítkovic, zdroj: katastr nemovitostí [22]

Obrázek č. 16: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Moravské Ostravě s vyznačením četnosti napadení mikroorganismy (v barvě modrá a červená) a s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze M1-M6, zdroj: katastr nemovitostí [22]

Druhá lokalita je vymezena hlavními silnicemi Průběžná, 17. listopadu, Martinovská a Bedřicha Nikodéma.

Plocha této zkoumané oblasti je cca 50 ha. Rozsah lze spatřit níže na obrázku č. 17 a 18. Z tohoto leteckého foto snímku je patrná značná zeleň v obytné části Poruba. Jedná se o velmi zelenou oblast části obce Ostravy. Mezi nejčastější stromy v této oblasti patří smrk ztepilý, lípa srdčitá, lípa velkolistá, jírovec maďal, jinan dvoulaločný a bříza bělokorá [43].



Obrázek č. 17: Umístění lokality č.2 vzhledem k obytné části v blízkosti zeleně Poruba, zdroj: katastr nemovitostí [22]

Obrázek č. 18: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Porubě s vyznačením četnosti napadení mikroorganismy (v barvě modrá a červená) a s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze P1-P6, zdroj: katastr nemovitostí [22]

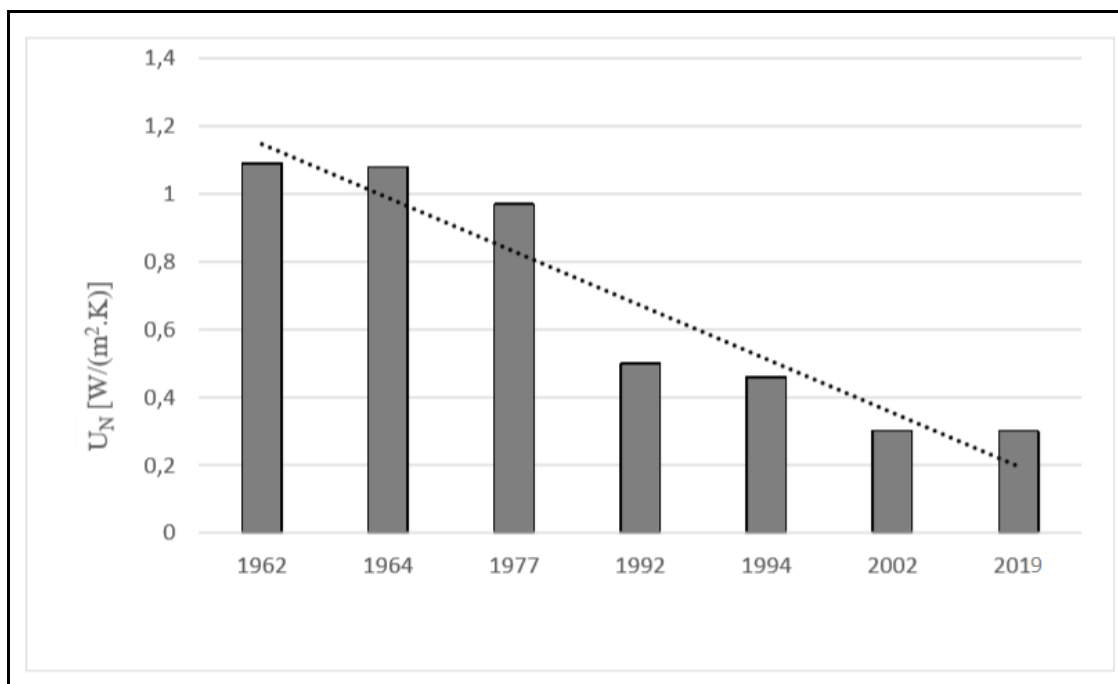
Provedená studie se zabývá porovnáním dvou různých lokalit v Ostravě vzhledem k jejich výskytu mikrobiotického napadení na fasádách panelových bytových domů v období 2015-2020. První z lokalit je v oblasti s hustou automobilovou dopravou a zároveň poblíž průmyslové zóny v oblasti dolních Vítkovic. Pro oblast je typická zvýšená prašnost, (Moravská Ostrava). Oproti tomu druhá lokalita je definována typickým sídlištěm v odlehlé části Ostravy, kde je zvýšená míra vegetace a nízký automobilový provoz (Poruba). Obě lokality jsou vyhodnocovány stejně vzhledem k výskytu mikrobiotického napadení, a následně porovnány [43, 46].

4.1 Analýza tepelně technických, energetických a environmentálních souvislostí s ohledem na platnou legislativu a ve vztahu k panelové bytové výstavbě realizované v 2. polovině min. století

Základní tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů jsou vlastnosti, které charakterizují jejich izolační schopnost. Jedná se o součinitele tepelné vodivosti, součinitele difuzního odporu, objemové hmotnosti, měrnou tepelnou kapacitu apod. Základním ukazatelem tepelněizolačních vlastností materiálů je tepelná vodivost, která je ovlivněna objemovou hmotností a vlhkostí látky. Rozhodující tepelně technickou vlastností ovlivňující tepelné ztráty a teplotu na vnějším povrchu je tepelný odpor R a součinitel prostupu tepla konstrukce [8].

V souvislosti se snižováním spotřeby energie na vytápění vydala Česká republika soubor norem (ČSN 73 0540-1, 2005), (ČSN 73 0540-2, 20011), (ČSN 73 0540-3, 2005), (ČSN 73 0540-4, 2005) [49-54], zabývající se tepelnou ochranou budov. Primárním podnětem pro jejich zveřejnění byl programový dokument Organizace spojených národů s názvem Agenda 21⁴[9]. Následně došlo k úpravě norem v termotechnických požadavcích a energetických předpisech [49-55].

Obrázek č. 12 ukazuje vývoj požadavků na tepelnou ochranu obvodových stěn v období 1962–2019 v České republice. Ukazatelem je zde součinitel prostupu tepla U_N [$W / (m^2.K)$]. Koeficient odráží, kolik tepla je rozptýleno strukturou mající povrchovou plochu $1 m^2$, když je rozdíl mezi teplotami povrchů $1 K$ [42, 44, 48].



Obrázek č. 12. Požadavky na součinitel prostupu tepla U_N [W / (m².K)] v České republice v letech 1962–2019 pro obvodové zdi, zdroj: Ateliér DEK, 2007

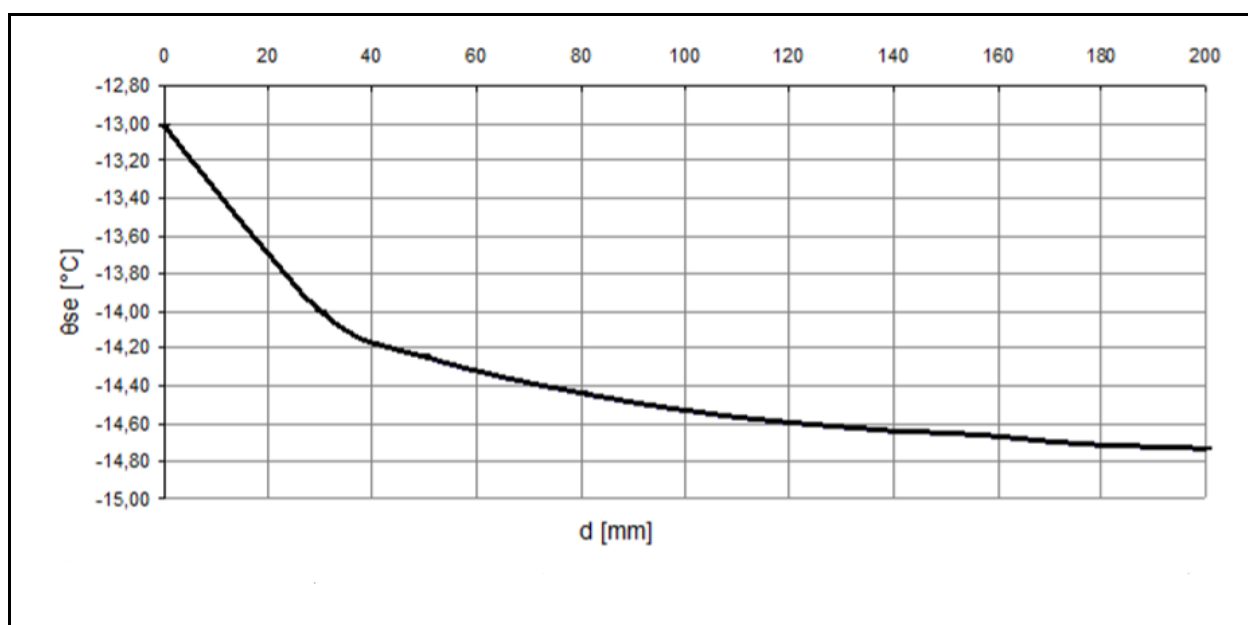
Je zřejmé, že vnější konstrukce panelových bytových domů nebyly v souladu se standardními požadavky (ČSN 73 0540-2, 2007) [51] platné legislativy v oblasti součinitele prostupu tepla U_N [W / (m².K)]. Požadavek na vnější zeď je na požadované hodnotě $U_N = 0,3$ W / (m².K) (pro vytápěné obytné budovy). Nejlepším způsobem, jak těchto požadavků dosáhnout za účelem zlepšení situace, je použití přídavného kontaktního zateplovacího systému ETICS [42, 44].

Nejvíce z revitalizovaných domů bylo vybudováno v letech 1960–1975 [10]. Ačkoliv se budovy začaly zateplovat již v 80. letech 20. století, začaly se problémy s biotickými škůdci výrazněji objevovat v posledních 10 letech. Obvodové stěny starší panelové zástavby mají vysokou hodnotu součinitele prostupu tepla. Díky požadavkům na dosažení co nejmenších tepelných ztrát prostupem tepla se tloušťka tepelného izolantu zvětšovala z prvotních 20 mm na současných 160–200 mm [42, 44].

Právě u stěn s vysokými tloušťkami tepelných izolací se biotičtí škůdci vyskytují nejčastěji. Důvodem je výrazné snížení tepelných ztrát skrz obvodovou stěnu. Nedochází k „ohřevu“ částí konstrukce za tepelným izolantem, čímž dochází ke snížení teploty povrchu fasády. Při teplotě rosného bodu dochází ke kondenzaci vodní páry na jeho povrchu. Stává se to většinou v noci a v zimě [11, 44, 45]. V důsledku podchlazení se na fasádě vytvoří vodní film a povrch se pokryje rosou.

Pomocí softwaru [56, 57] SVOBODA SOFTWARE (pro stavební fyziku) nelze kondenzaci na površích v exteriéru prozatím tvarovat a vyhodnocovat. Možné jsou modulace pro výpočet venkovní povrchové teploty fasád.

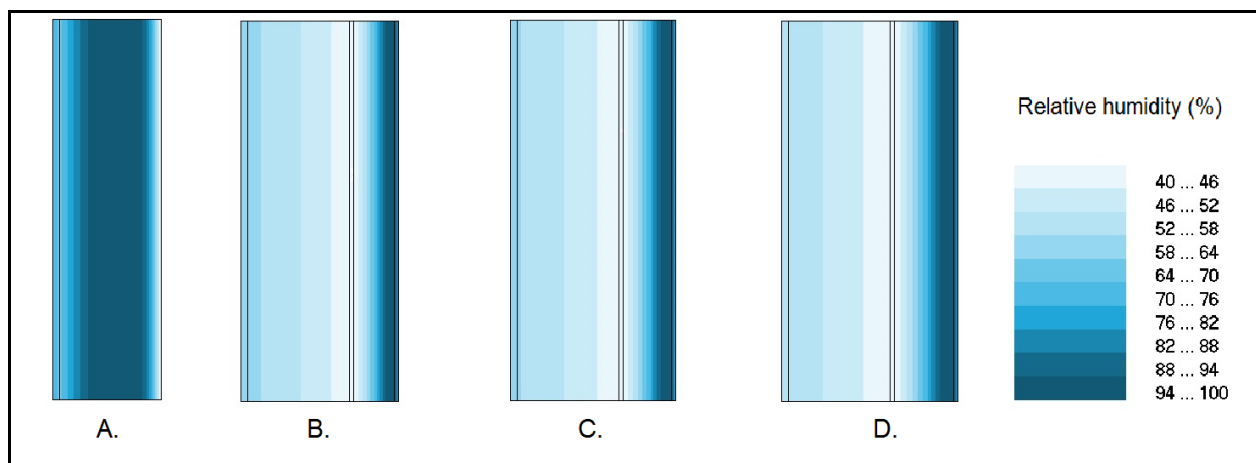
Obrázek č. 13 níže ukazuje vztah tloušťky tepelné izolace a teploty povrchu fasády za standardních modelových podmínek $\theta_e = -15^\circ\text{C}$, $\theta_i = 21^\circ\text{C}$. Teplota povrchu fasády před aplikací dodatečné tepelné izolace je $\theta_{se, (0)} = -13,0^\circ\text{C}$. Po aplikaci tepelné izolace o tloušťce pouhých 20 mm dochází k výraznému poklesu teploty o $0,7^\circ\text{C}$. Po nanesení ETICS majícího izolaci o tloušťce 200 mm se teplota sníží na $\theta_{se, (200)} = -14,7^\circ\text{C}$, tj. rozdíl o $1,7^\circ\text{C}$ [42, 44, 57].



Obrázek č.13: Vztah tloušťky tepelné izolace ETICS d v mm a teploty povrchu fasády θ_{se} ve $^\circ\text{C}$ [57],

zdroj: autor

Deska penetrace tepelné izolace zabraňuje pronikání vlhkosti a je umístěna na straně exteriéru, kde je tenká vrstva omítky. Rozdíl distribuce relativních vlhkostí je znázorněna na příkladu stěn panelového domu na obrázku č.14 [12, 42, 56].



Obrázek č. 14: Průběh relativní vlhkosti štítové stěny (keramzitbeton) panelové soustavy T06B[56],

zdroj: autor

A: Původní stěna bez tepelné izolace, B: Stěna s tepelnou izolací EPS tl. 110 mm, C: Stěna s tepelnou izolací EPS tl. 130 mm, D: Stěna s tepelnou izolací EPS tl. 160 mm

Doporučené požadavky na hodnotu součinitele prostupu tepla jsou dosahovány zejména dodatečnou tepelnou izolací fasád. Pokud jde o izolační materiál, používají se zejména desky z polystyrenu nebo desky z minerální vlny. Tyto desky spolu s dalšími komponenty (kotevní část, výztužná část, omítka) tvoří tzv. ETICS. Po aplikaci tohoto systému na fasádu se vytvoří kompozitní kontaktní tepelně izolovaný systém. Výhodou ETICS je kromě snížení tepelných ztrát tepelně izolovanou stěnou také snížení nebo úplné odstranění kondenzace uvnitř konstrukce, ochrana obvodové konstrukce před vlivy počasí, zlepšení estetického vzhledu stěny a celkové zvýšení životnosti stěny.

Postupem času se ukazuje, že systém má také několik nevýhod. Prvním problémem je výskyt plísní na vnitřním povrchu obvodových stěn. Jak se ukázalo, důvodem byla nízká nebo žádná intenzita ventilace izolace dodatečně utěsněných stěn (zabraňuje pronikání vodní páry).

Současným problémem povrchu vnější fasády je výskyt nevzhledně vypadajících povrchů zelené nebo černé barvy mikroorganismů na vnějších plochách obvodových stěn. Tyto fasády tak nesplňují zejména svou estetickou funkci.

Zjednodušeně by se dalo tvrdit, že tepelná izolace zabraňuje pronikání tepla z interiéru na vnější povrch fasády, což je základ pro vytvoření vhodných životních podmínek pro růst mikroskopických hub a řas.

4.2 *Posouzení faktorů, které ovlivňují biotické napadení (faktory: umístění fasády vzhledem k orientaci ke světovým stranám, struktury omítky, tloušťce tepelné izolace ETICS a barevnosti fasády)*

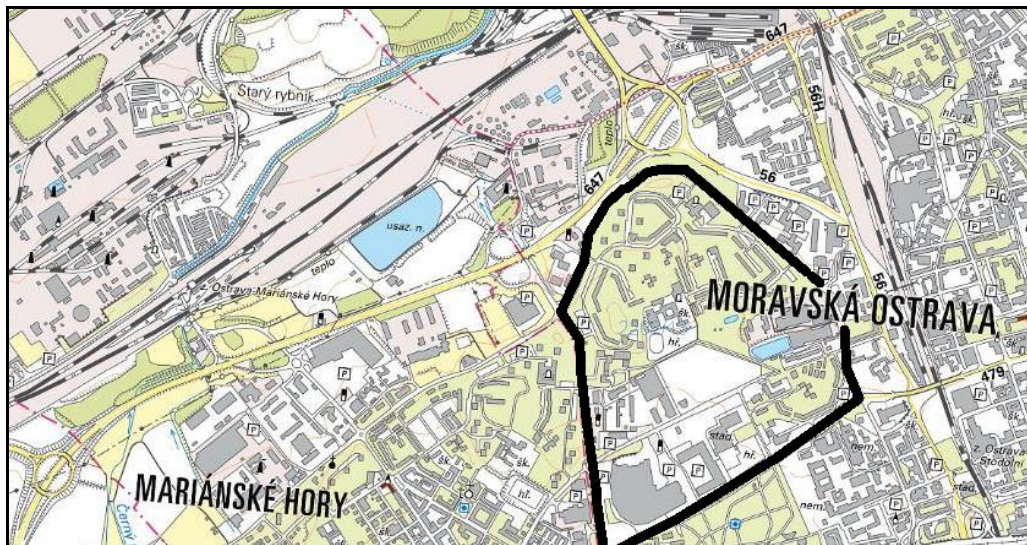
Provedená studie se zabývá porovnáním dvou různých lokalit (lokalita č. 1- Moravská Ostrava a lokalita č.2 – Ostrava Poruba) v Ostravě, vzhledem k výskytu mikrobiotického napadení na fasádách panelových bytových domů.

První z lokalit je v oblasti s hustou automobilovou dopravou a zároveň poblíž průmyslové zóny v oblasti dolních Vítkovic. Pro oblast je typická zvýšená prašnost, (Moravská Ostrava). Oproti tomu druhá lokalita je definována typickým sídlištěm v odlehlé části Ostravy, kde je zvýšená míra vegetace a nízký automobilový provoz (Poruba). Obě lokality jsou vyhodnocovány stejně vzhledem k výskytu mikrobiotického napadení, a následně porovnány [43, 46].

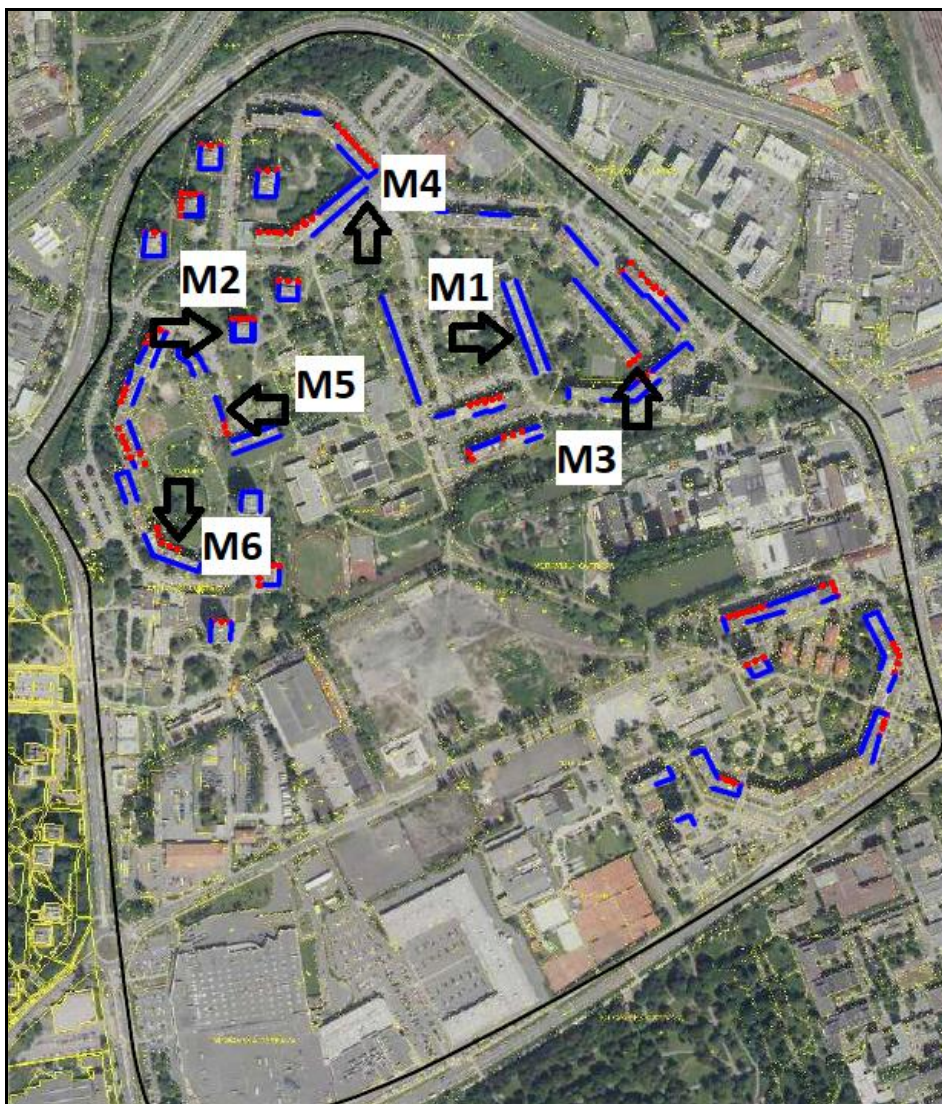
Lokalita č. 1

První ze dvou zkoumaných lokalit byla vybrána v blízkosti průmyslové zóny v oblasti dolních Vítkovic v části obce Ostrava. Pro tuto lokalitu lze předpokládat zvýšenou prašnost vzhledem k regionálnímu umístění průmyslové části. Lokalita je vymezena hlavními silnicemi Hornopolní, Varenská a Novinářská.

Plocha zkoumané oblasti je cca 90 ha. Rozsah lze podrobněji definovat z příloženého obrázku č.15 a 16. Z tohoto snímku lze spatřit zastavěné sídliště v nedaleké blízkosti průmyslové zóny [46].



Obrázek č. 15: Umístění lokality č.1 vzhledem k průmyslové zóně dolní oblasti Vítkovic,



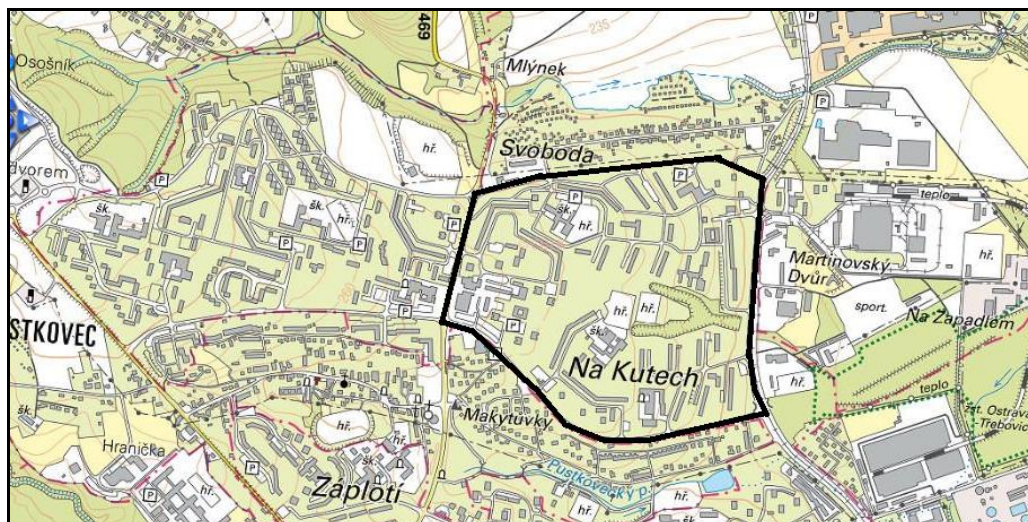
Obrázek č. 16: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Moravské Ostravě s vyznačením četnosti napadení mikroorganismy (v barvě modrá a červená) a s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze

M1-M6, zdroj: katastr nemovitostí [22]

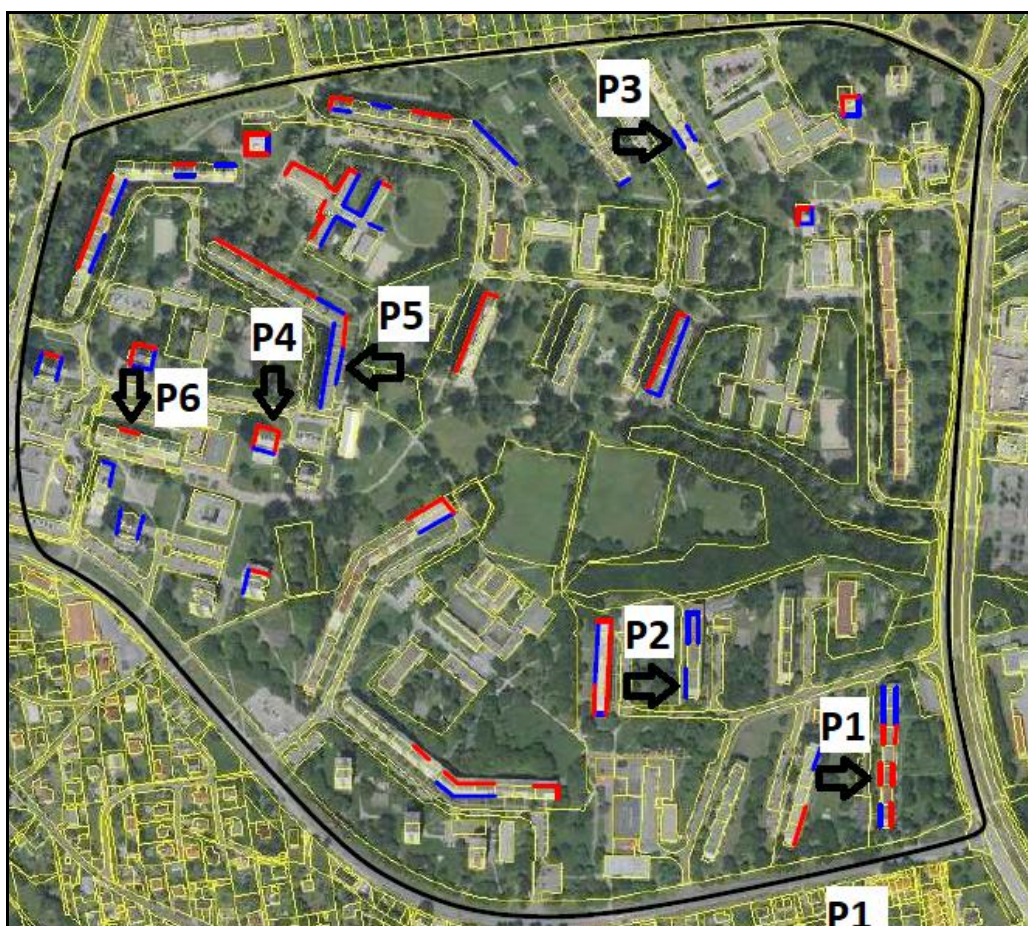
Lokalita č. 2

Druhá lokalita je vymezena hlavními silnicemi Průběžná, 17. listopadu, Martinovská a Bedřicha Nikodéma.

Plocha této zkoumané oblasti je cca 50 ha. Rozsah lze spatřit níže na obrázku č. 17 a 18. Z tohoto leteckého foto snímku je patrná značná zeleň v obytné části Poruba. Jedná se o velmi zelenou oblast části obce Ostravy. Mezi nejčastější stromy v této oblasti patří smrk ztepilý, lípa srdčitá, lípa velkolistá, jírovec maďal, jinan dvoulaločný a bříza bělokorá [43].



Obrázek č. 17: Umístění lokality č.2 vzhledem k obytné části v blízkosti zeleně Poruba,
zdroj: katastr nemovitostí [22]



Obrázek č. 18: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Porubě s vyznačením četnosti napadení mikroorganismy (v barvě modrá a červená) a s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze P1-P6,
zdroj: katastr nemovitostí [22]

Postup zhodnocení

Do studie byly zahrnuty pouze panelové bytové domy z těchto vybraných lokalit, které byly opatřeny dodatečnou tepelnou izolací (ETICS). Panelové bytové domy, které byly zjevně nově dodatečně zatepleny a objekty, na kterých byla provedena aplikace sanačních opatření v posledních letech, nebyly do studie zahrnuty, aby nezkreslovaly výsledky. Do studie byly zahrnuty tloušťky dodatečné tepelné izolace. Pro vybrané lokality se jednalo o hodnoty 50,60,80,100 a 120 mm. Dále byla zahrnuta struktura omítky, barva vnější omítky a orientace fasády vůči světovým stranám [43, 46].

Postup hodnocení míry výskytu mikroorganismů na jednotlivých fasádách panelových bytových domů:

Dodatečně zateplené panelové bytové domy byly v terénu vizuálně sledovány a zahrnuty do studie. Každá strana fasády byla vyhodnocena jednotlivě vůči světovým stranám.

Hodnocení výskytu mikroorganismů na fasádách bylo definováno hodnotou od 1-5. Kdy pro hodnotu 1: fasáda nebyla zjevně napadena (tyto fasády obvykle nebyly do studie zahrnuty) a pro hodnotu 5: Na fasádě je velmi vysoký výskyt mikroorganismů.

Zhodnocení výskytu mikroorganismů:

1. Nelze spatřit okem.
2. Lze spatřit okem při podrobné prohlídce.
3. Lze jednoduše spatřit.
4. Lze spatřit ve zvýšené míře.
5. Lze spatřit ve velmi zvýšené míře.

Na obrázcích č. 16 a 18 výše, jsou červeně zvýrazněny fasády, které byly velmi silně napadeny. Fasády, které byly o něco méně napadeny, avšak přesto výrazně, jsou znázorněny modře. Červená barva v hodnocení míry výskytu mikroorganismů představuje hodnotu 3,5 a výš, modrá hodnotu 3 a méně [43, 46].

Analýza lokalit

Ve zkoumané lokalitě č. 1 je celkem 134 panelových bytových domů, kterým je v katastru nemovitostí přiřazeno vlastní identifikační číslo. Objekty jsou výškové budovy obvykle s min. osmi patry a více. Do studie nebyly zahrnuty panelové bytové domy, které nebyly opatřeny kontaktním zateplením ETICS, popř. sanované objekty. Do studie nebylo zahrnuto celkem 35 objektů (26 %). Výsledné grafy vychází z hodnot, které byly získány z 99 objektů, což je 74 % z vybrané lokality [46].

Pro druhou lokalitu se jednalo celkem o 124 panelových bytových domů, kterým je v katastru nemovitostí přiřazeno vlastní identifikační číslo. Objekty jsou výškové budovy obvykle s min. osmi patry a více. Do studie nebyly zahrnuty panelové bytové domy, které nebyly opatřeny kontaktním zateplením ETICS, popř. sanované objekty. Do studie nebylo zahrnuto celkem 53 objektů (43 %). Výsledné grafy vychází z hodnot, které byly získány ze 71 objektů, což je 57 % z vybrané lokality [43].

4.2.1 Výskyt mikroorganismů na dodatečně zateplených fasádách panelových bytových domů vybraných lokalit vůči orientaci fasády ke světovým stranám

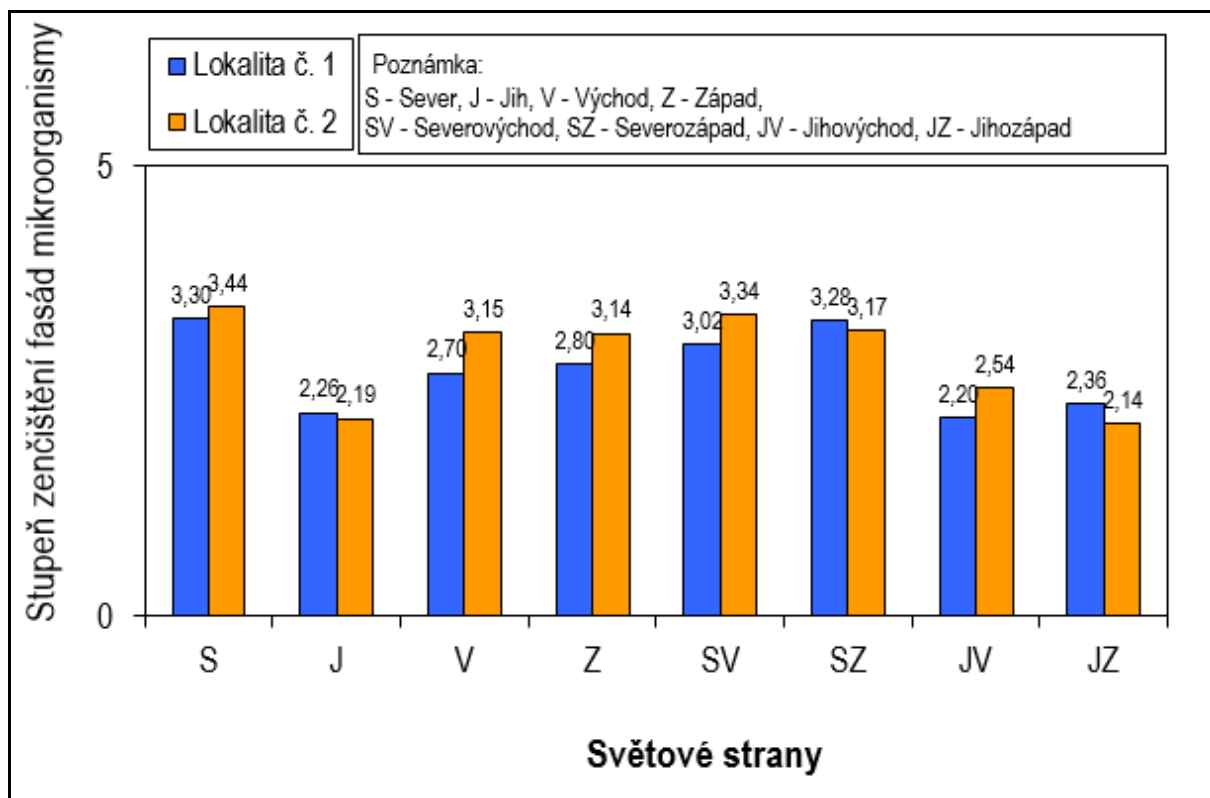
Dle níže předloženého grafu č. 1 lze potvrdit logickou úvahu, že s nejvyšším výskytem četnosti mikroorganismů na fasádách panelových bytových domů, které jsou dodatečně zateplené kontaktním zateplovacím systémem ETICS, jsou fasády severní, severovýchodní a severozápadní, a to v uvedeném pořadí.

Při porovnání vybraných dvou lokalit lze konstatovat, že v lokalitě č. 2, kde je o poznání méně polétavého prachu a je značně zazeleněna, je četnost mikroorganismů ve vyšší míře oproti lokalitě č. 1, kde se fasády vystavují polétavému prachu ve zvýšené míře.

Sídliště tvoří velmi podobné tzv. pravoúhlé rozvolněné skladby deskových a bodových panelových domů o šesti, osmi a dvanácti nadzemních podlažích. Celkem tvoří tzv. mikro rajony, vzájemně propojené ulicemi a pěšími trasami. Sídliště jsou velmi podobně urbanisticky koncipována a nepředpokládá se výrazné zkreslení výsledků např. zastíněním. Zastínění v lokalitě č. 2 způsobuje navíc oproti lokalitě č. 1 zvýšená četnost vzrostlých stromů. Z uvedeného grafu č. 1 lze vyčíst, že fasády na stranách: severní, východní, západní, severozápadní jsou více napadeny v lokalitě č. 2. Vyjmenované fasády mají hodnotu výskytu

mikroorganismu nad 3, což vykazuje dle stupnice snadné spatření těchto mikroorganismů na fasádách. Hodnoty pod 2,5 už nejsou alarmující.

Lze tedy konstatovat, že dle pozorování fasád na obou sídlištích, jsou fasády v blízkosti stromů, keřů apod. blíže k budoucímu napadení než fasády sídlišť, které nejsou takto regionálně umístěny [43, 46].



Graf č. 1: Vyhodnocení výskytu mikroorganismů vůči světovým stranám ve vybraných lokalitách [58],

zdroj: autor

4.2.2 Závislost výskytu četnosti mikroorganismů na struktuře omítky vybraných lokalit

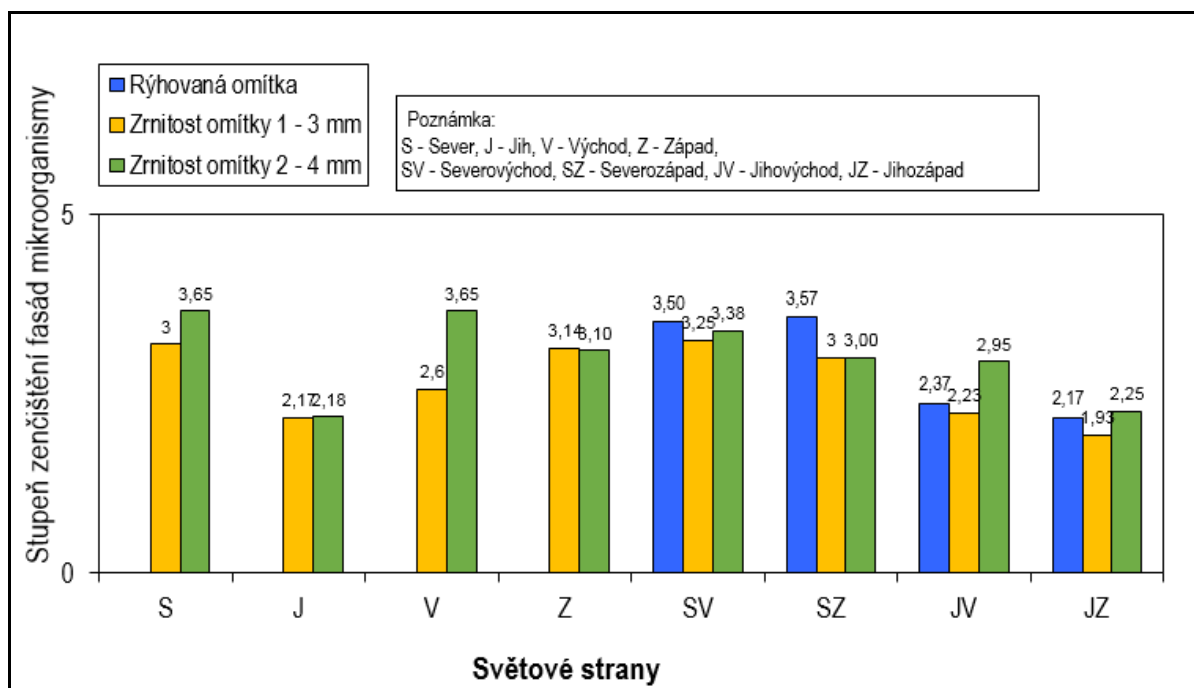
Vnější omítky panelových bytových domů, které byly opatřeny kontaktním zateplovacím systémem ETICS, mají přirozeně nepravidelný povrch. Na základě toho, jaká je použita struktura omítky (jak moc je povrch nepravidelný), pak vnější omítky zachytávají prachové částice, organické látky i spory mikroorganismů. Vhodnými místy pro výskyt mikroorganismů na zateplených fasádách jsou drobné prohlubně dle struktury omítky. Finální fasády, které jsou rýhované, potom logicky vytváří vhodný substrát pro klíčení a rozvoj

mechů. Čím větší je struktura omítky, tím lépe se daří případným mikroorganismům na dané fasádě.

Vzhledem k rozdílným druhům omítky v lokalitě č. 2 a víceméně stejným druhům zrnitosti v lokalitě č. 1 byla posouzena z hlediska zrnitosti pouze lokalita č. 2. Tedy část Ostrava-Poruba. Vzhledem ke struktuře omítky bylo posuzováno celkem 63 objektů. Objekty, které jsou viditelně napadeny mikroorganismy se strukturou omítky 1-3 mm jsou v počtu 17. Objekty se strukturou 2-4 mm: 34 objektů. A počet objektů s rýhovanou omítkou v počtu 12-ti objektů [43, 46].



Obrázek č. 19: Fotodokumentace rýhované a zrnité omítky 1-2, 2-4 mm, zdroj: autor



Graf č. 2: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na struktuře vnější omítky ve vybrané lokalitě [58], zdroj: autor

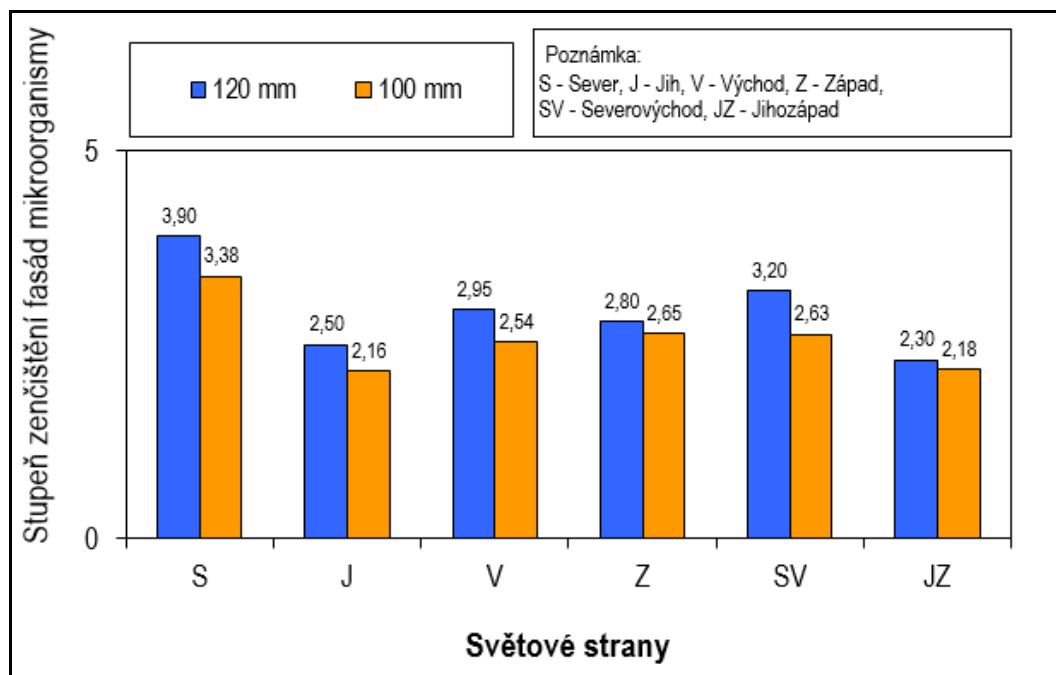
Výsledný graf č. 2 ukazuje závislost četnosti výskytu mikroorganismu na struktuře vnější omítky. Vyhodnocení závislosti je dle očekávání. Omítky, které jsou ve zkoumané lokalitě rýhované, trpí napadením v nejvyšší míře, následně omítky o zrnitosti 2-4 mm a až poté omítky se zrnitosti 1-3 mm.

4.2.3 Závislost četnosti výskytu mikroorganismů na tloušťce tepelného izolantu ve vybrané lokalitě

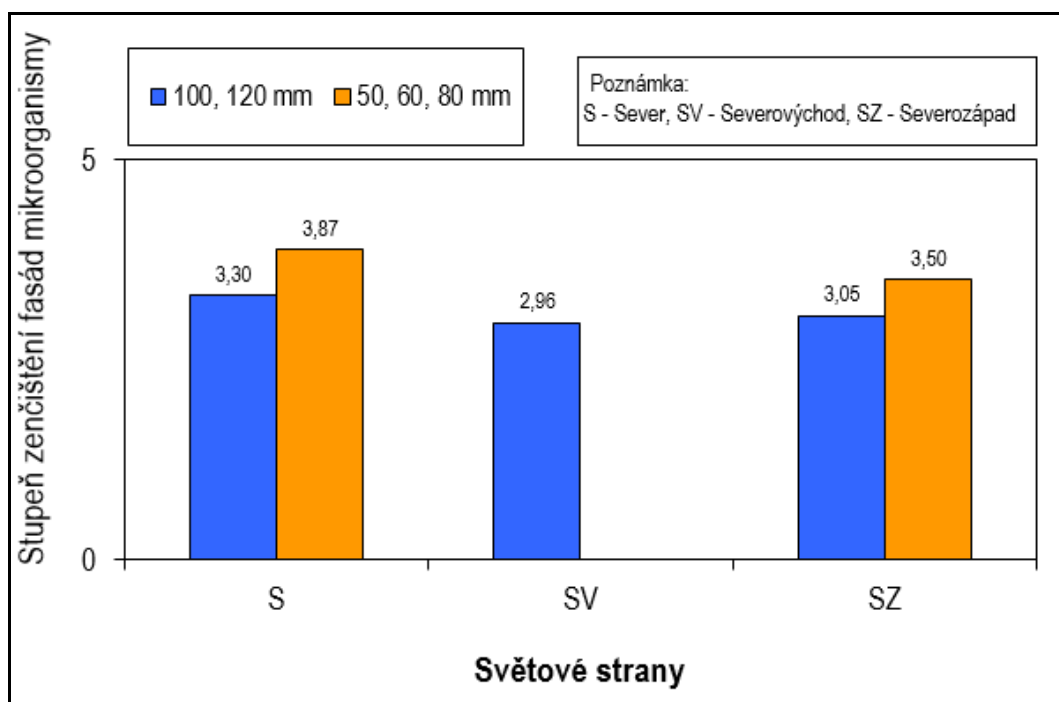
Ze získaných dat lze vypořádat, že obvyklá tloušťka dodatečné tepelné izolace je pro lokality odlišná. V lokalitě č. 1 – Moravská Ostrava byly panelové bytové domy dodatečně zateplovány zpravidla tepelnou izolací o tl. 100 případně 120 mm. Oproti tomu lokalita č. 2 – Poruba byla zateplována tepelnou izolací v tl. 50, 60, 80, 100 a 120 mm. Z tohoto důvodu jsou grafy vyhodnoceny pro každou lokalitu zvlášť. Tepelná izolace od 80 mm (100 mm) je zpravidla tepelně technického hlediska dostačující a splňuje požadovanou normu.

Příložený graf č. 3 níže vyhodnocuje míru výskytu mikroorganismů v závislosti na tloušťce zateplení. Tento graf zkresluje skutečnost, že v počátcích globálního zateplování byly fasády zateplovány tloušťkou izolantu 50, 60 a 80 mm a až následně o několik let později se zateplovaly vzhledem ke stále se zvyšujícím tepelně technickým požadavkům na hodnoty 100 mm a více. Tedy fasády s nižší tloušťkou byly realizovány s nejvyšší pravděpodobností dříve, a proto lze očekávat vyšší výskyt mikroorganismů viz graf č. 3.

Do výsledného grafu č. 3 níže byly zahrnuty pouze hodnoty světových stran, které byly zastoupeny ve větším počtu (alespoň 10), tak aby nezkreslovaly výsledek. Z tohoto důvodu některé světové strany fasád nejsou vyhodnoceny [43, 46].



Graf č. 3: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na tloušťce tepelné izolace, lokalita č. 1 – Moravská Ostrava [58], zdroj: autor

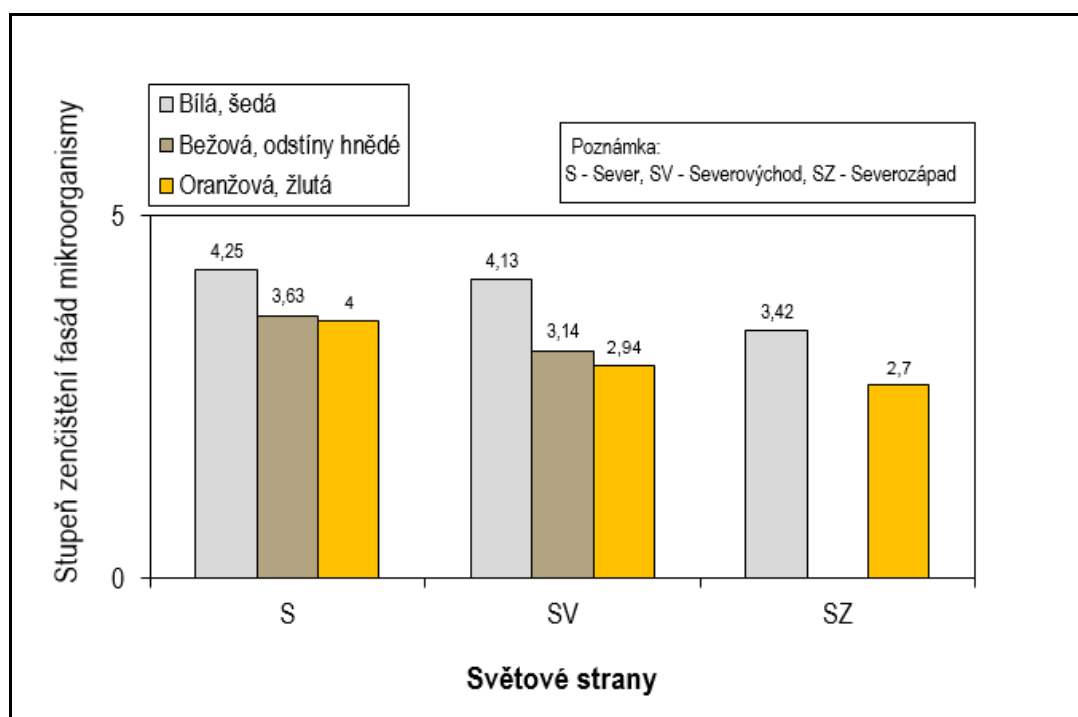


Graf č. 4: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na tloušťce tepelné izolace, lokalita č. 2 – Poruba [58], zdroj: autor

4.2.4 Závislost četnosti výskytu mikroorganismů na barevnosti fasády ve vybrané lokalitě

Barevný odstín fasády má do jisté míry vliv na povrchovou teplotu fasády. Do zhodnocení byly vybrány pouze barvy, které jsou v této lokalitě zastoupeny ve větším počtu. Pro lokalitu č. 1 nebyl vyhodnocen graf z důvodů nedostatku podobných odstínů fasád. Zhodnocení je pouze pro lokalitu č. 2 – Poruba, kde byly některé barvy zastoupeny ve větším počtu.

Nejvyšší míra napadení je logicky vidět na světle barevných fasádách, které zkreslují zhodnocení. Mezi nejběžnější barvy ve vybrané lokalitě patří odstíny v zemitých barvách od béžových do hnědých. Z grafu č. 5 vyplývá, že žluté, popř. oranžové pestrobarevné fasády mají nižší výskyt mikroorganismů. Tento fakt je způsoben trendem barev ve stavebnictví. V pozdějších letech byly objekty stylizovány do výrazných až extravagantních barev. Proto nelze pro tento výzkum zhodnotit závislost vlivu barvy na četnost výskytu mikroorganismů. Pro dokumentaci problematiky je přiloženo grafické zhodnocení četnosti výskytu mikroorganismů v závislosti na barevnosti fasády pro severní, severovýchodní a severozápadní fasády [43, 46].



Graf č. 5: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na barevnosti fasády. Lokalita č. 2 – Poruba, [58], zdroj: autor

4.3 Diagnostika, odběr vzorků a analýza vzorků omítek z povrchu vnějších fasád panelových bytových domů, které jsou opatřeny ETICS

Přítomnost mikroorganismů na fasádě můžeme mnohdy určit již pohledem. Lze si však poměrně snadno zaměnit povlak prachu s povlakem mikroorganismů, jelikož zbarvení nemusí být jen zelené, ale také hnědé či černé. S jistotou určíme výskyt mikroorganismů pomocí laboratorního rozboru. Ten mimo potvrzení/vyvrácení přítomnosti určí i druh mikroorganismů, což je velmi důležité pro stanovení správného sanačního postupu.

Vzorky byly odebrány z výše popsaných lokalit s označením M1-6 pro Moravskou Ostravu a P1-6 pro Porubu (viz obrázek č.16 a 18). Vzorky omítek byly odebrány seškrabem povrchu fasády ve výšce cca 1,5 m ve velmi malém množství tak, aby nebyla narušena fasáda. Byly vybrány ty fasády, které byly zjevně napadeny mikroorganismy (určeno pohledem).

Vzorky byly odebrány v listopadu 2019 a bylo testováno celkem 12 vzorků. Vzorky byly následně analyzovány na oddělení Bionanotechnologií (VŠB-TUO). Cílem bylo zjistit přítomnost a druh mikroorganismů.

4.3.1 Základní pojmy biologie

Bičíkovci (Mastigophora) mají vřetenovitý tvar těla. Žijí volně – slané i sladké vody, půda, mech – nebo cizopasí jako endoparazité. Pohybují se pomocí bičíků, jednoho nebo více. Typickým znakem je pelikula na povrchu jejich buněk. Vyživují se výhradně heterotrofně – osmotrofně (vstřebávání celým povrchem těla) nebo fagotrofně (v povrchové membráně mohou vytvářet váčky, do kterých pohlcují drobné částičky velikosti makromolekul, tzv. pinocytóza). Nikdy neobsahují chlorofyl [20].

Trepka velká (Paramecium caudatum) je nálevník běžně se vyskytující v organicky znečištěných vodách po celém světě. Slouží proto jako bioindikátor tohoto znečištění. Trepka velká je při délce 0,17–0,35 mm největší z rodu trepek a je pozorovatelná i pouhým okem [1]. Má asymetrický tvar připomínající botu[1], který se rozšiřuje směrem k zadní části, což jí přineslo svůj český rodový název. Její buňka je jedna z nejsložitějších v přírodě [2], a slouží

jako modelový organismus nejenom pro výuku biologie na školách, ale i pro výzkum epigenetiky, funkce bičíků nebo procesu endosymbiózy [21].

Dothideomycetes- je největší a nejrozmanitější třída z ascomycete hub. Zahrnuje 11 řádů, 90 rodin, 1300 rodů a více než 19 000 známých druhů [1] [2]. Většina jejích členů byla tradičně zahrnuta do loculoascomycetes, což není součástí aktuálně přijímané klasifikace [3]. To naznačuje, že několik tradičních morfologických znaků ve třídě není jedinečných a pro definici třídy je důležité srovnání sekvencí DNA [23].

Čerň střídavá - (*Alternaria alternata*) je druh vřeckovýtrusné houby, způsobující skvrny na listech nebo poškození různých orgánů u celé řady druhů rostlin. Náleží mezi významné alergenní houby. Je hojně rozšířena po celém světě. Kolonie této houby pěstované na umělé půdě jsou tmavě olivově černé a mají sametový až jemně vlnatý vzhled. U některých klonů mohou být zpočátku šedobílé. Mycelium je hnědé, tvořené článkovanými hyfami. Vyrůstají z něj jednoduché konidiofory, které se vzhledově neliší od hyf mycelia a nesou jednotlivé nebo zřetězené konidie (nepohlavní spory). Spory jsou kyjovité až hruškovité, tmavě zbarvené, s příčnými i podélnými přehrádkami (se strukturou cihlového zdiva). Jsou obvykle 20 až 40 µm dlouhé a 8 až 12 µm široké. Tato houba se nachází zejména na různých druzích rostlin, roste však i na jídle, textilu, půdě, hnilém dřevu či v ptačích hnízdech. Často je nacházena na černých skvrnách na okenních rámech, způsobených vlhkostí. Také černé skvrny na rajčatech mohou být způsobeny touto houbou. Spory náležejí v Evropě a v Severní Americe mezi nejčastěji nacházené houbové spory v domácím prachu [24].

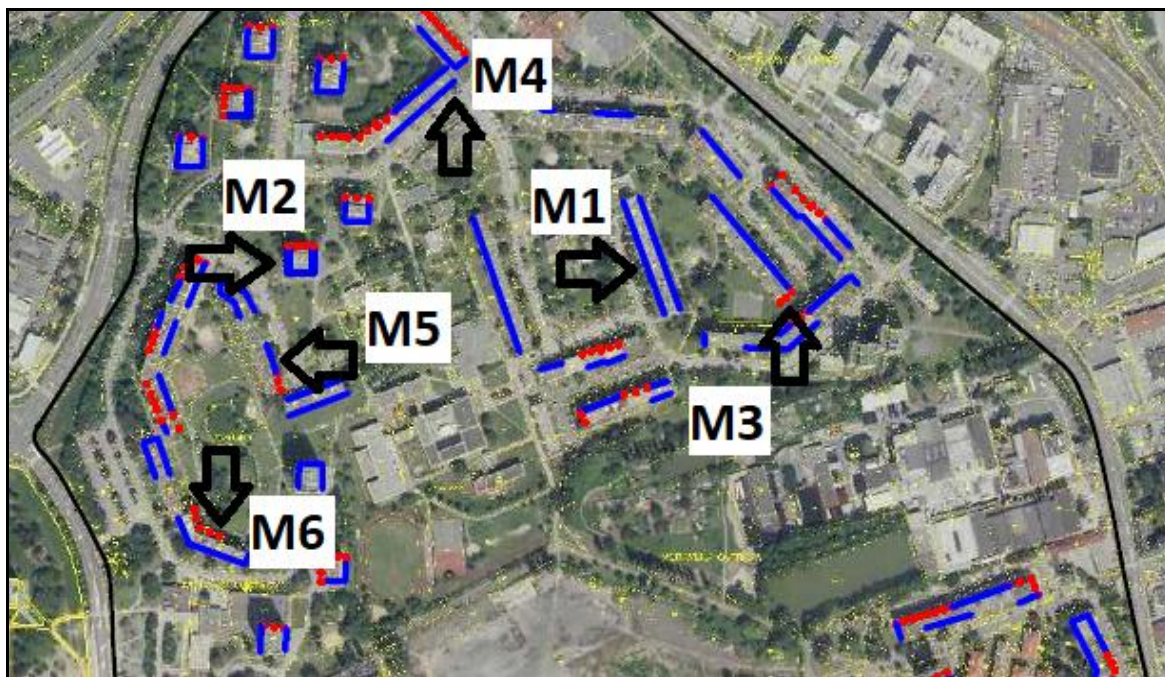
Zelenivka (*Chlorophyceae*) je velká třída převážně sladkovodních zelených řas; odhadem obsahuje asi 500 rodů a 3000 druhů [26]. Zelené řasy jsou velice široká skupina, je jich obrovské množství a žijí ve všech možných typech biotopů. Její příslušníci mají všechny existující druhy stélek, typů rozmnožování atd. Název zelené řasy je stejně lehce zavádějící jako třeba název ruduchy – mnohé zelené řasy mají úplně jinou barvu – *Trentepohlia* je většinou v oranžových odstínech, *Haematococcus pluvialis* nebo *Chlamydomonas nivalis* jsou intenzívně červené atd. Vzhledem k obrovské šíři skupiny nemají *Chlorophyceae* společnou ekologii, snad jen to, že velká většina zástupců jsou sladkovodní typy, ale zahrnuje také značné množství zástupců půdních, aerických a extrémofilních [25].

4.3.2 Popis výluhů omítek

Část každého vzorku pod ozn. M1 až M6 a P1 až P6 byly umístěny do zkumavek (Eppendorf) a doplněny deoinizovanou vodou o objemu 1 ml. Části vzorku pod ozn. M1 až M6 a P1 až P6 byly ponechány pro případné opakování analýz. Vzorky pod ozn. M1 až M6 a P1 až P6 se luhovaly po dobu 24 h a 168 hodin za laboratorních podmínek. Z technických důvodů nemohly být výluhy charakterizovány po 72 hodinách.

Vzniklé výluhy byly protřepány na laboratorní třepače Genius 3 IKA Vortex. Pro pozorování pod světelným prozařovacím mikroskopem (Olympus CX 31) bylo 10 μ l nakápnuto na Bürkerovu komůrku, která zajistila lepší orientaci ve vzorcích. Obrázky byly snímány pomocí připojené CCD kamery a QuickPHOTO softwaru. Snímky byly převážně pořizovány při zvětšení 400x. Filtry byly nastavovány různě pro získání nejlepšího zaostření a tedy obrazu.

4.3.3 Výsledky pro lokalitu: Moravská Ostrava



Obrázek č. 20: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Moravské Ostravě s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze M1-M6, zdroj: katastr nemovitostí [22]

Z provedené analýzy vyplývá:

Vzorek	Název
M1	<i>Chlorophyceae</i> (řasy) – bíčkaté (obr. A) a bez bíčku (obr. B)
M2	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
M3	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
M4	<i>Dothideomycetes</i> (houby)
M5	<i>Chlorophyceae</i> (řasy) (Obr. A) a <i>Dothideomycetes</i> (houby) (Obr. B)
M6	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)

Tabulka č. 1: Vyhodnocení laboratorní analýzy v Moravské Ostravě (lokalita č.1) pro vzorky M1-M6[58, 59],

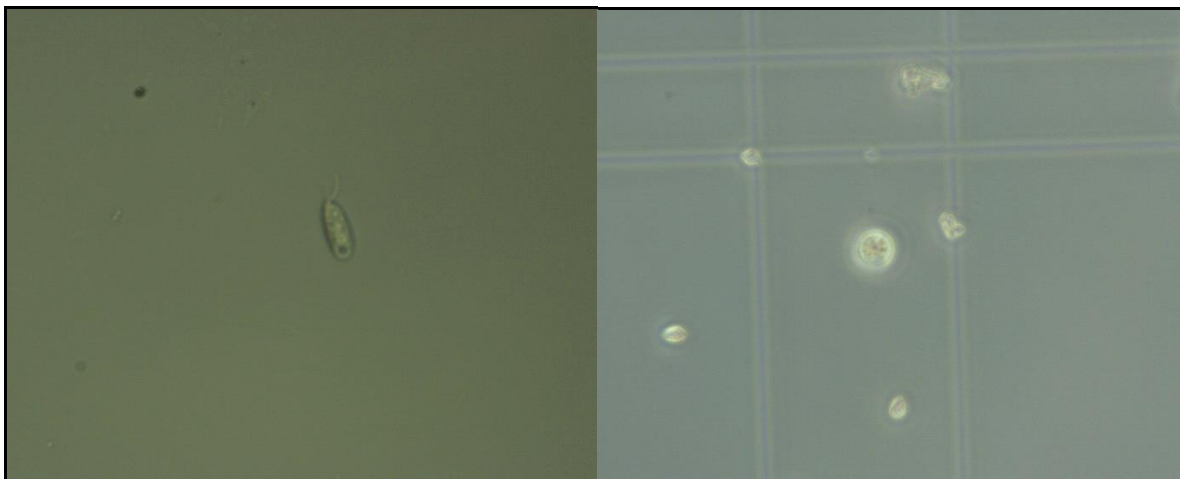
zdroj: autor

Ve většině vzorků byla detekována pylová zrna a nebyl pozorován velký rozdíl ve výskytu řas po 24 hodinách a po týdnu.



Obrázek č. 21: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M1, zdroj: autor

Vzorek M1 byl odebrán ze západní strany fasády (lokalita č.1) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení ve středu sídliště. V blízkosti této fasády je nízký počet vzrostlých stromů (asi 10 v rozmezí 5 m). Tento vzorek obsahoval převážně bíčkovce a velmi malý počet buněk bez bíčku.

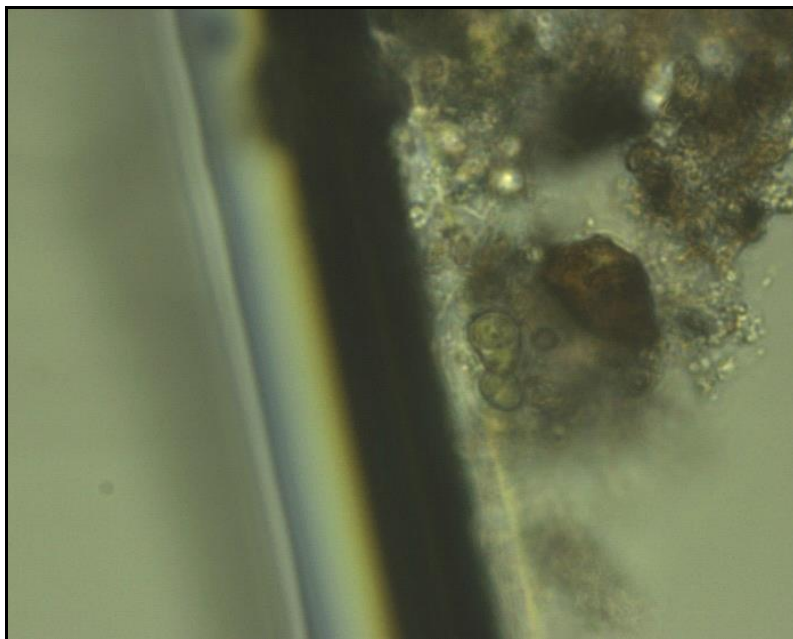


Obrázek č. 22: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M1,
zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek M2 byl odebrán ze západní strany fasády (lokalita č.1) bodového panelového bytového domu v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády je větší počet vzorstlých stromů (asi 20 v rozmezí 5 m). Panelový bytový dům je situován v Moravské Ostravě (lokalita č.1) na kraji sídliště v blízkosti hlavní cesty Hornopolní a Mariánskohorské. U vzorku M2 byly detekovány izolované malé shluky buněk.

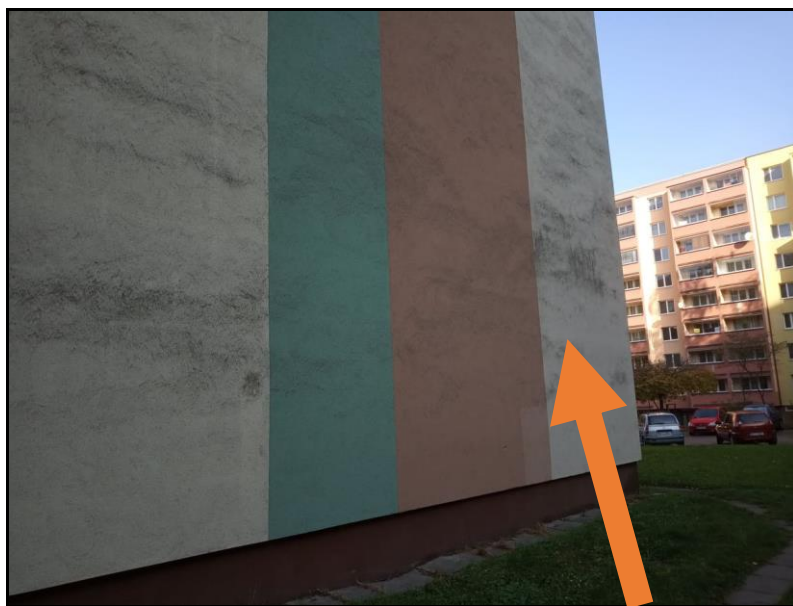


Obrázek č. 23: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M2, zdroj: autor

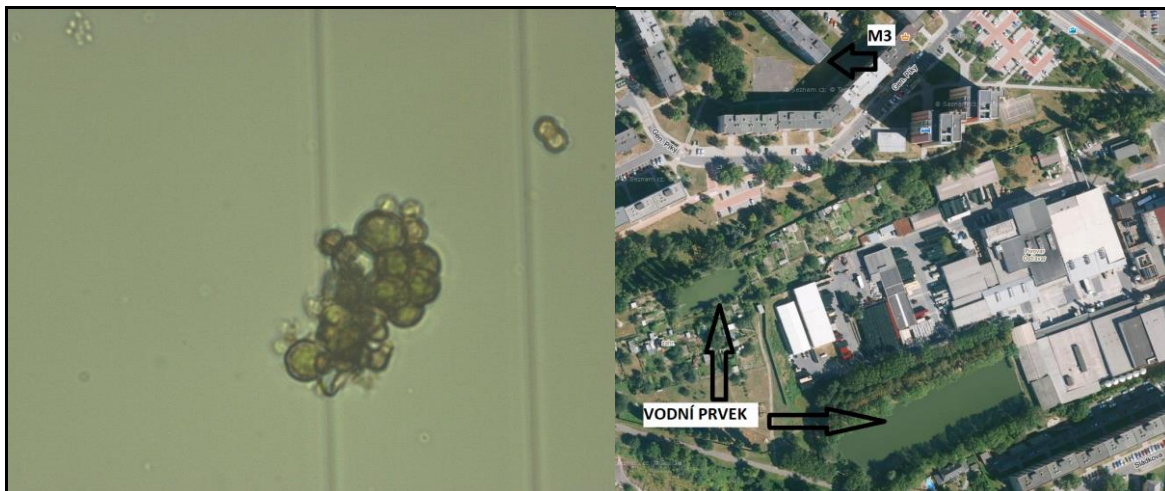


Obrázek č. 24: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M2
zdroj: oddělení Bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek M3 byl odebrán z jihovýchodní strany fasády deskového panelového bytového domu (lokalita č.1) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády nejsou vzrostlé stromy (v rozmezí 5 m). Panelový bytový dům je situován na kraji sídliště. Vzorek M3 obsahoval větší počty shluků buněk a byla také nalezena Trepka (Paramecium)-vodní prvok. Vzdálenost fasády a nejbližšího vodního prvku je 200 m.



Obrázek č. 25: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M3, zdroj: autor



Obrázek č. 26: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M3, zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Obrázek č. 27: Zobrazení vzdálenosti vodního prvku od zkoumané fasády, zdroj: mapy.cz

Vzorek M4 byl odebrán z jihovýchodní strany fasády deskového panelového bytového domu (lokalita č.1) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády je velmi malé množství vzrostlých stromů (3 v rozmezí asi 30m). Panelový bytový dům je situován uprostřed sídliště. Ve vzorku M4 byly detekovány houbové buňky. Ve vzorku M4 se nepodařilo úspěšně identifikovat buňky řas.



Obrázek č. 28: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M4, zdroj: autor

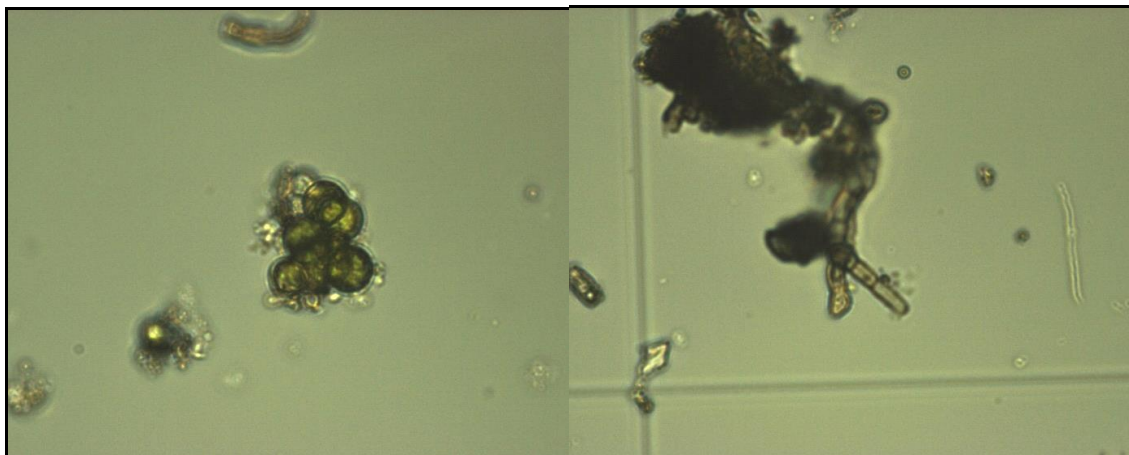


Obrázek č. 29: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M4, zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek M5 byl odebrán ze severovýchodní strany fasády deskového panelového bytového domu (lokalita č. 1) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády je malé množství vzrostlých stromů (15 v rozmezí asi 60 m). Panelový bytový dům je situován na kraji sídliště. Ve vzorku M5 byly detekovány houbové buňky a buňky řas.



Obrázek č. 30: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku, zdroj: autor

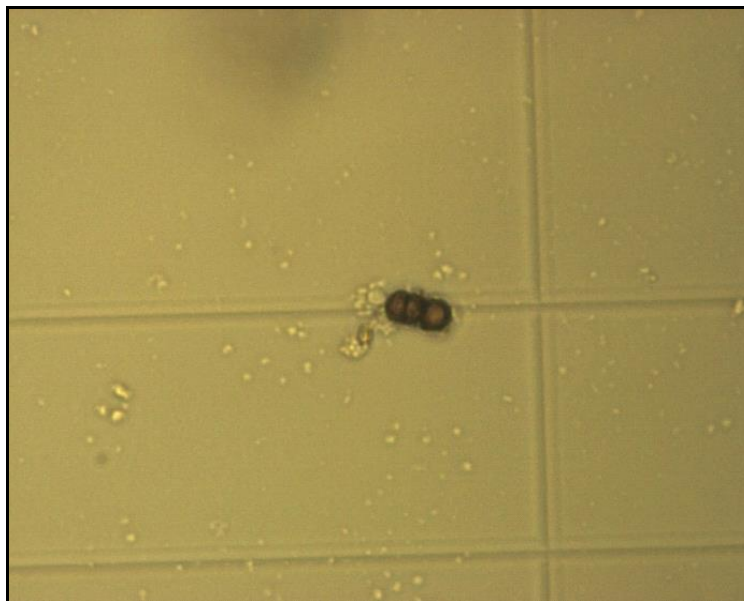


Obrázek č. 31: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M5, zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek M6 byl odebrán ze severní strany fasády deskového panelového bytového domu (lokalita č. 1) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády je malé množství vzrostlých stromů (10 v rozmezí asi 50 m). Panelový bytový dům je situován na kraji sídliště. Ve vzorku M6 byly detekovány velmi drobné buňky řas.

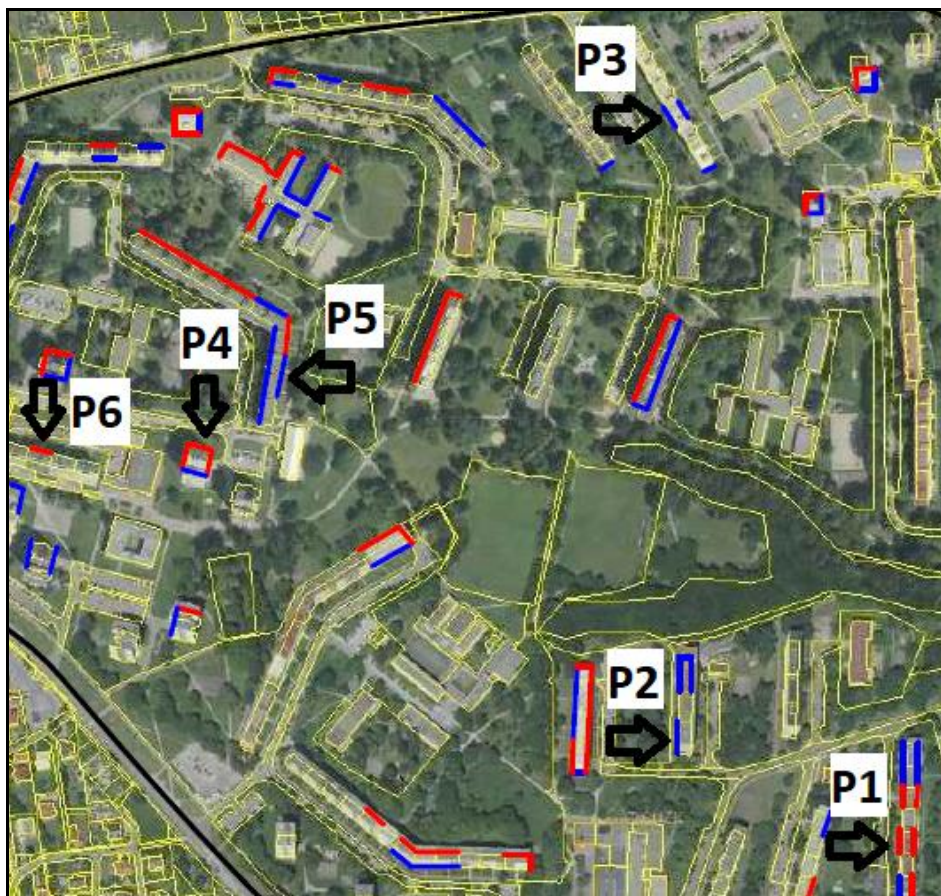


Obrázek č. 32: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M6, zdroj: autor



Obrázek č. 33: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M6, zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

4.3.4 Výsledky pro lokalitu: Poruba



Obrázek č. 34: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Porubě s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze P1-P6, zdroj: katastr nemovitostí [22]

Z provedené analýzy vyplývá:

Vzorek	Název
P1	<i>Dothideomycetes</i> (houby) – pravděpodobně čerň střídavá (Obr. A) a <i>Chlorophyceae</i> (řasy) (Obr. B)
P2	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P3	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P4	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P5	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P6	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)

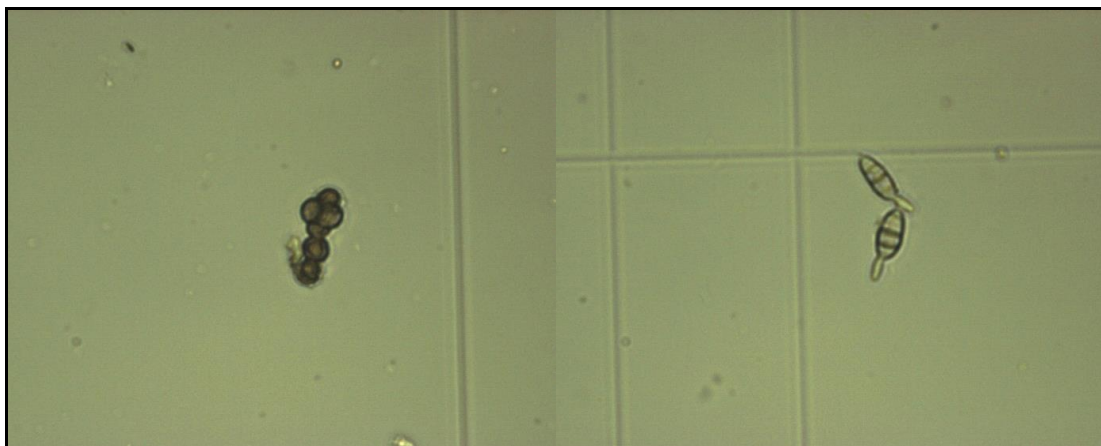
Tabulka č. 2: Vyhodnocení laboratorní analýzy v Porubě (lokalita č.2) pro vzorky P1-P6 [58, 59], zdroj: autor

Ve většině vzorků byla detekována pylová zrna a nebyl pozorován velký rozdíl ve výskytu řas po 24 hodinách a po týdnu.

Vzorek P1 byl odebrán ze západní strany fasády panelového bytového domu (lokalita č. 2) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení na kraji sídliště. V blízkosti této fasády je vysoký počet vzorstlých stromů (asi 50 v rozmezí 60 m). Ve vzorku P1 byly detekovány houbové buňky s menším počtem malých řasových buněk.



Obrázek č. 35: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P1, zdroj: autor

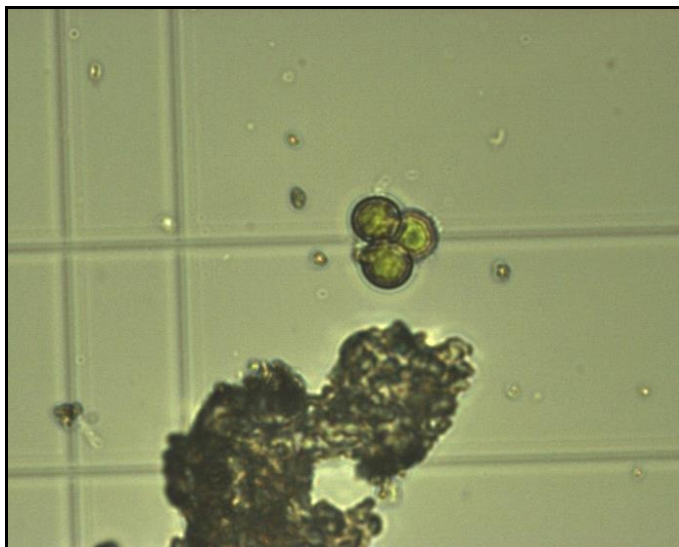


Obrázek č. 36: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P1,
zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek P2 byl odebrán ze západní strany fasády panelového bytového domu (lokalita č. 2) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení na kraji sídliště. V blízkosti této fasády je velmi vysoký počet vzorstlých stromů (lesopark cca 50 m od fasády). Vzorek P2 oproti vzorku P1 obsahoval velké řasové buňky, které tvořily menší shluky, či se vyskytovaly individuálně.



Obrázek č. 37: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P2, zdroj: autor

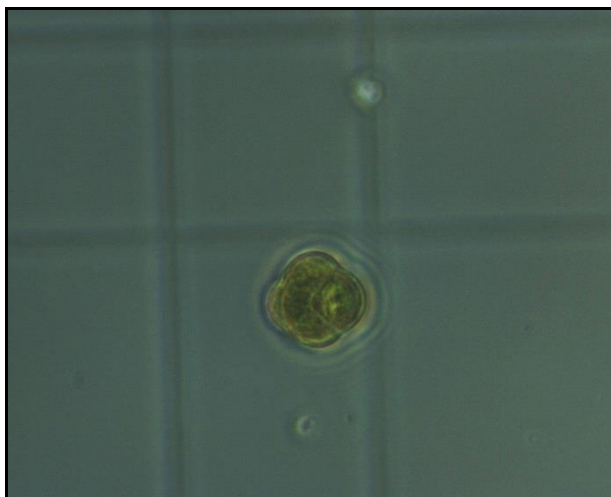


Obrázek č. 38: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P2
zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek P3 byl odebrán z jihozápadní strany fasády panelového bytového domu (lokalita č. 2) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení na kraji sídliště. V blízkosti této fasády je vysoký počet vzorstlých stromů (asi 30 v rozmezí 30m). Ve vzorku P3 se nacházel malý počet řasových buněk.



Obrázek č. 39: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P3, zdroj: autor

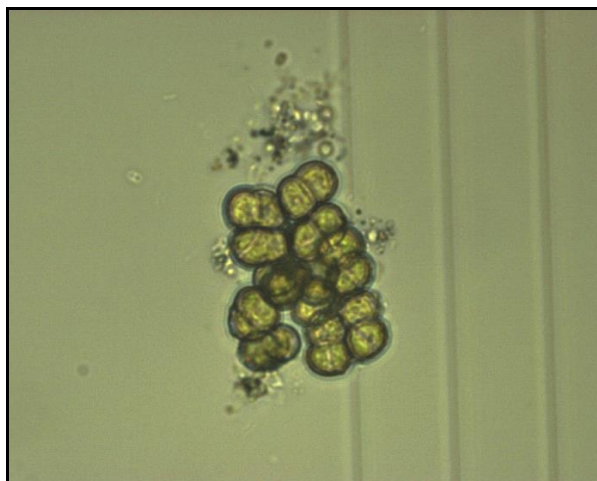


Obrázek č. 40: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P3, zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek P4 byl odebrán ze severní strany fasády bodového panelového bytového domu (lokalita č. 2) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády je malé množství vzrostlých stromů (10 v rozmezí asi 50 m). Panelový bytový dům je situován uprostřed sídliště v blízkosti náměstí. Vzorek P4 obsahoval kvantitativně největší počet buněk, které tvořily velké shluky.

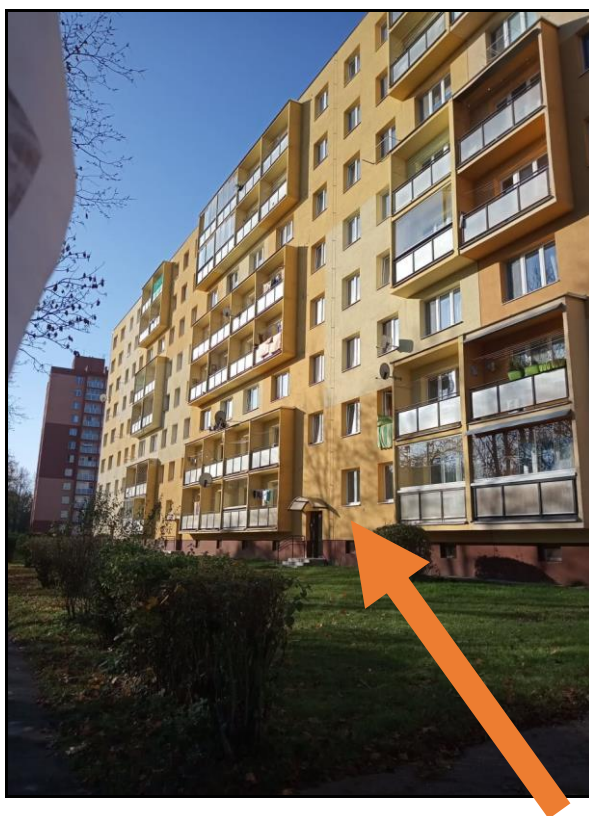


Obrázek č. 41: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P4, zdroj: autor

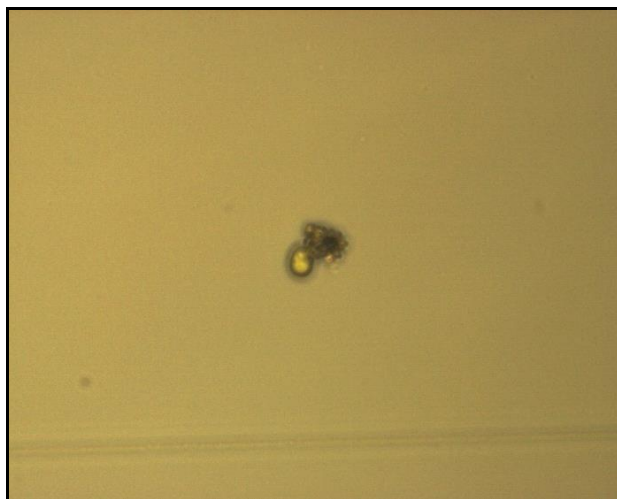


Obrázek č. 42: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P4,
zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek P5 byl odebrán z východní strany fasády deskového panelového bytového domu (lokalita č. 2) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády je větší množství vzrostlých stromů (15 v rozmezí asi 5 m). Panelový bytový dům je situován uprostřed sídliště. Vzorek P5 obsahoval velmi drobné a izolované buňky ve velmi malém množství. Pravděpodobně se jedná o sanovaný objekt.



Obrázek č. 43: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P5, zdroj: autor

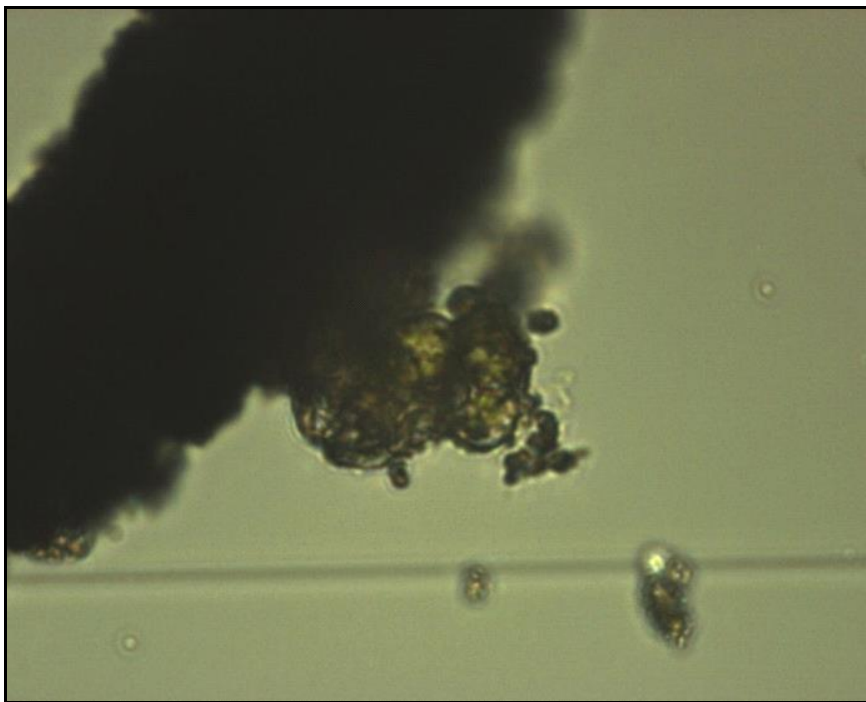


Obrázek č. 44: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P5
zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Vzorek P6 byl odebrán ze severní strany fasády deskového panelového bytového domu (lokalita č. 2) v místě zvýšeného výskytu mikrobiotického napadení. V blízkosti této fasády nejsou vzrostlé stromy. Panelový bytový dům je situován na kraji sídliště. Malé množství buněk obsahoval také vzorek P6, ale buňky tvořily shluky a byly velké.



Obrázek č. 45: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P6, zdroj: autor



Obrázek č. 46: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P6, zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [59]

Ve všech vzorcích byla identifikována přítomnost živých buněk, ať se jednalo o zelené řasy třídy Chlorophyceae, či houbové buňky třídy Dothideomycetes.

Prokazatelně největší množství řasových buněk bylo detekováno ve vzorku P4 (lokalita č. 2). Ve vzorcích M1, M4, M6 (lokalita č. 1), P3 a P5 (lokalita č. 2) byly buňky detekovány ve velmi malých množstvích, a navíc ve vzorku M4 (lokalita č. 1) byla detekována přítomnost pouze houbových buněk.

4.3.5 Zhodnocení vlivu smogu na zkoumané lokality

Obecně je smog charakterizován jako chemické znečištění atmosféry způsobené lidskou činností, které je již zpravidla škodlivé pro lidské zdraví. Literatura popisuje dva typy smogových situací, a to zimní a letní smog. Letní smog (někdy se také označuje jako fotochemický, losangelský nebo oxidační) se tvoří z oxidů dusíku a uhlovodíků, jejichž zdrojem jsou především výfukové plyny z autodopravy. Tyto látky reagují za slunečního záření v létě a vzniká tzv. přízemní ozon, který má škodlivé účinky na lidské zdraví. Maxima dosahuje v poledne a odpoledních hodinách. Zimní smog (někdy se označuje jako londýnský nebo redukční) vzniká převážně na podzim a v zimě v průmyslových aglomeracích nebo v

hustě osídlených oblastech z klasických škodlivin a zesilují ho teplotní inverze a bezvětří. Maxima dosahuje zpravidla brzy ráno [27, 28].

Mezi jednotlivé parametry znečištění ovzduší patří Benzo[a]pyren, Benzen, Přízemní ozón, Oxid siřičitý (SO₂), Oxid uhelnatý (CO), Oxid uhličitý (CO₂), Pevné částice (PM₁₀, PM_{2,5}) a toluen. Znečištění prachovými částicemi v současnosti patří k hlavním problémům kvality ovzduší v České republice. Představují významné riziko pro lidské zdraví a pocházejí hlavně ze spalovacích procesů v energetice, vytápění domácností (lokální topeniště) a v dopravě. Ta kromě přímých exhalací způsobuje i víření již usazených částic do ovzduší [28].

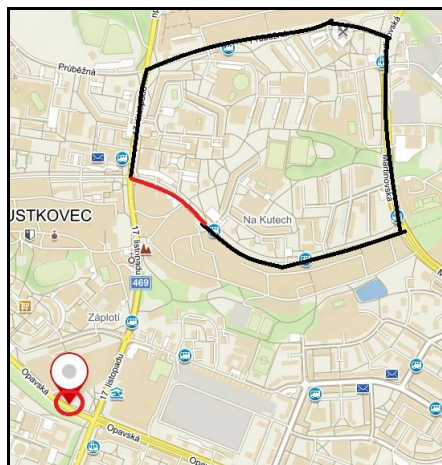
Právě prachové částice mohou být ideálním nosičem živin, případně zdrojem živin na fasádách panelových bytových domů. Pouhým okem lze ve zkoumaných lokalitách č. 1 a č. 2 vidět usazený prach na těchto fasádách.

Seznam lokalit, kde se měří znečištěné ovzduší, je možné získat z veřejných dat Českého hydrometeorologického ústavu [29]. Měřicí stanice pro první lokalitu je umístěna uprostřed zkoumaného sídliště viz obrázek č. 47 a umístění měřicí stanice v druhé lokalitě lze vidět v následujícím obrázku č. 48.



Obrázek č. 47: Umístění měřicí stanice českého hydrometeorologického ústavu v lokalitě č. 1 [29]

zdroj: mapy.cz



Obrázek č. 48: Umístění měřicí stanice českého hydrometeorologického ústavu v lokalitě č. 2, zdroj: mapy.cz

Z níže uvedených dat vyplývá (obr č. 49, 50 a 51) že lokalita č. 1 – Moravská Ostrava (ČHMÚ, (1061), Ostrava-Fifejdy) má očekávaně horší hodnoty v porovnání s druhou lokalitou Porubou (ZÚ, SMOva (2042), Ostrava-Poruba, DD).

Přesto však z předchozích závěrů byla lokalita Poruba vyhodnocena jako více napadená.

Hodinové, denní, čtvrtletní a roční imisní charakteristiky

Rok: 2019

Kraj: Moravskoslezský

Okres: Ostrava-město

Látka: PM₁₀ - částice PM10

Jednotka: µg/m³

Denní LV: 50,0

Denní TE: 35

Roční LV: 40,0

Kód MP	Organizace Identifikace ISKO Lokalita	Typ měřicího programu Metoda	Hodinové hodnoty			Denní hodnoty			Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty			
			Max. Datum	95% Kv 99.9% Kv	50% Kv 98% Kv	Max. Datum	36 MV Datum	VoL Datum	50% Kv 98% Kv	X1q. C1q.	X2q. C2q.	X3q. C3q.	X4q. C4q.	X XG	S SG	N dv
TOCBA	ČHMÚ (1572) Ostrava-Československá (hot spot)	Automatizovaný měřicí program OPEL	430,0 20.01.	~ 01.01.	79,0 105,0	23,0 20,01.	260,8 27.02.	47 47	23,6 86,1	41,6 90	29,0 88	22,1 92	31,3 92	30,9 25,7	23,96 1,79	362 3
TOFFA	ČHMÚ (1061) Ostrava-Fifejdy	Automatizovaný měřicí program RADIO	276,0 20.01.	~ 01.01.	64,0 87,0	20,0 20,01.	176,8 26.07.	23 23	21,5 69,9	31,9 90	24,2 91	20,9 92	27,4 92	26,1 21,9	18,64 1,78	365 0
TOMHK	ZÚ, SMOva (1649) Ostrava-Mariánské Hory	Kombinované měření TEOM	366,0 09.07.	~ 01.01.	59,0 82,0	17,0 20,01.	156,2 24.02.	19 19	18,2 58,8	29,0 87	22,7 91	20,1 92	20,2 92	23,0 19,1	16,52 1,80	362 1
TOPDA	ZÚ, SMOva (2042) Ostrava-Poruba, DD	Automatizovaný měřicí program OPEL	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ 0	~ 0	~ 91	~ 92	~ ~	~ ~	~ ~
TOPDA	ZÚ, SMOva (2042) Ostrava-Poruba, DD	Automatizovaný měřicí program TEOM	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	25,0 89	27,0 77	~ 0	~ 0	~ ~	~ ~	~ ~
TOPOM	ČHMÚ (125) Ostrava-Poruba/ČHMÚ	Manuální měřicí program GRV	~ ~	~ ~	~ ~	~ 21.01.	119,6 19.12.	19 19	19,0 60,6	28,7 90	21,6 91	17,5 92	23,8 91	22,9 19,7	14,10 1,70	364 0
TOPRA	ČHMÚ (1410) Ostrava-Privoz	Automatizovaný měřicí program RADIO	269,0 20.01.	~ 01.01.	72,0 92,0	23,0 20,01.	181,3 16.04.	39 39	22,9 74,8	36,6 90	26,9 90	20,3 92	31,6 92	28,8 24,4	19,88 1,75	364 1
TOROK	ZÚ, SMOva (1940) Ostrava-Radvanice OZO	Kombinované měření RADIO	315,0 20.01.	~ 01.01.	76,0 107,0	20,0 20,01.	188,5 20.03.	33 33	22,6 73,9	40,2 89	25,1 91	18,8 89	26,6 92	27,7 23,2	20,26 1,77	361 2
TOREK	ZÚ, SMOva (1650) Ostrava-Radvanice ZÚ	Kombinované měření OPEL	282,0 20.01.	~ 01.01.	80,0 104,0	27,0 20,01.	187,7 26.11.	62 62	28,4 78,5	47,1 86	27,8 90	23,1 91	38,3 88	33,9 29,4	20,65 1,68	355 2
TOZRA	ČHMÚ (1064) Ostrava-Zábřeh	Automatizovaný měřicí program RADIO	281,0 20.01.	~ 01.01.	64,0 84,0	21,0 20,01.	170,5 25.02.	26 26	21,8 72,3	31,5 89	26,0 91	21,3 92	26,4 92	26,3 22,1	18,30 1,78	364 1
TVRITA	ZÚ, MSK (2257) Vratimov	Automatizovaný měřicí program RADIO	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	~ ~	28,3 78	28,1 69	23,2 91	25,8 82	~ ~	~ ~	~ ~

Obrázek č. 49: Přehled imisních hodnot z roku 2019, informace o kvalitě ovzduší v ČR,

zdroj: český hydrometeorologický ústav [30]

X1..(4)q – Čtvrtletní aritmetický průměr, C1q – počet hodnot ze kterých byl spočítán aritmetický průměr, X-roční aritmetický průměr, XG-roční geometrický průměr, S-směrodatná odchylka, SG-standardní geometrická odchylka, N-počet měření v roce, dv-doba trvání nejdelšího souvislého výpadku.

PM₁₀ - TOFFA

Podrobný přehled imisních hodnot pro měřicí program

Rok:	2019
Látka:	PM ₁₀ - částice PM10
Lokalita:	Ostrava-Fifejdy
Měřicí program:	TOFFA
Organizace:	ČHMU
Kraj:	Moravskoslezský
Okres:	Ostrava-město
Jednotka:	µg/m ³
Metoda měření:	radiometrie - absorpce beta záření

Průměrné denní koncentrace v měrných jednotkách																																		
Den/Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	X	Max.	N
1	22,0	8,5	10,7	14,1	13,5	14,8	41,2	8,1	17,8	69,9	39,0	15,6	3,5	8,6	8,4	5,8	12,1	15,2	40,2	176,8	170,1	126,1	77,3	43,5	52,5	35,5	13,1	30,2	19,8	60,9	49,7	39,5	176,8	31
2	62,0	12,8	34,4	17,5	34,7	48,3	31,0	31,6	25,0	22,3	13,6	15,3	19,0	23,2	37,7	37,6	40,2	47,8	56,6	26,9	26,4	19,8	39,4	49,5	48,2	56,5	39,3	29,4			33,8	62,0	28	
3	61,8	69,6	24,6	10,2	9,2	9,2	13,2	9,6	4,7	4,3	9,0	12,0	10,3	6,5	4,9	8,6	9,9	11,7	23,4	38,0	38,8	54,0	56,8	28,2	17,9	12,0	16,5	30,8	31,5	35,6	29,7	22,7	69,6	31
4	16,8	33,6	47,8	38,4	48,6	36,7	25,6	48,6	49,4	34,8	37,5	31,8	43,3	39,0	34,9	46,8	31,1	43,0	41,5	31,3	20,5	22,8	17,8	30,1	37,0	48,2	12,8	14,8	5,5	24,1	33,1	49,4	30	
5	22,6	22,8	27,9	12,5	11,3	13,1	17,5	21,8	14,0	11,1	13,3	14,1	11,5	13,7	7,5	21,5	27,2	17,0	20,0	15,3	18,0	11,8	8,8	12,9	16,8	21,9	19,1	13,2	14,4	18,4	17,9	16,4	27,9	31
6	22,6	21,8	22,5	25,0	24,6	19,8	21,5	23,7	17,2	28,9	28,9	26,0	34,1	41,0	36,5	22,5	14,5	23,3	23,9	20,7	19,2	20,7	16,4	18,0	27,5	25,5	24,6	16,9	19,3	16,8	23,5	41,0	30	
7	20,7	21,5	13,7	17,0	14,8	17,8	17,2	15,9	18,5	11,9	14,8	20,0	14,0	15,4	14,6	17,5	17,8	35,4	26,4	20,2	24,4	21,8	33,0	18,7	29,6	47,6	26,3	19,5	23,9	27,8	28,6	21,5	47,6	31
8	22,0	25,8	18,7	13,2	17,1	13,5	23,6	15,0	19,5	22,0	11,8	26,7	14,8	13,3	21,1	16,9	11,9	11,4	23,0	23,3	14,3	15,8	26,2	29,4	28,3	23,8	31,5	37,2	39,0	25,4	30,2	21,5	39,0	31
9	32,3	14,7	16,1	16,4	23,3	18,8	26,0	15,0	11,4	15,0	23,4	18,2	27,2	14,6	14,0	20,2	13,5	13,6	14,4	17,9	19,1	21,5	39,6	51,8	37,1	15,7	15,3	9,9	6,6	12,7	19,8	51,8	30	
10	9,0	16,0	10,2	13,1	17,9	23,0	43,8	18,6	15,9	5,8	10,0	15,3	15,4	24,0	42,6	14,0	19,4	47,0	28,5	36,9	41,2	47,6	71,9	44,9	69,0	40,6	26,8	15,3	33,3	38,2	79,1	30,1	79,1	31
11	48,5	19,2	23,3	9,3	14,1	21,5	22,5	38,4	33,4	27,6	21,3	46,0	18,2	21,7	39,7	15,9	30,8	16,3	33,8	63,0	55,9	22,4	21,3	30,9	87,7	63,0	18,2	18,8	11,0	17,9	30,4	87,7	30	
12	34,9	41,9	25,9	21,0	19,3	22,4	19,5	11,5	20,4	24,0	35,9	29,9	35,3	11,3	9,6	20,6	21,8	27,5	51,9	12,1	27,0	16,1	19,7	10,0	10,6	10,3	10,8	12,0	15,7	20,8	28,2	21,9	51,9	31

PM₁₀ - TOPDA

Podrobný přehled imisních hodnot pro měřicí program

Rok:	2019
Látka:	PM ₁₀ - částice PM10
Lokalita:	Ostrava-Poruba_DD
Měřicí program:	TOPDA
Organizace:	ZÚ, SMOva
Kraj:	Moravskoslezský
Okres:	Ostrava-město
Jednotka:	µg/m ³
Metoda měření:	oscilační mikrováhy (TEOM)

Průměrné denní koncentrace v měrných jednotkách																																		
Den/Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	X	Max.	N
1	14,2	7,6	8,5	10,0	8,6	10,7	30,8	7,5	21,5	47,5	29,4	15,2	5,3	12,2	14,0	11,4	20,3	15,3	35,5	86,6	115,5	103,6	60,5	32,9	37,8	23,6	13,1	25,4	15,0	44,3	42,3	29,9	115,5	31
2	36,0	15,8	13,9	11,8	24,2	35,3	22,8	24,2	19,4	23,9	11,9	10,9	18,3	16,3	31,2	27,7	29,4	36,8	48,8	20,2	25,2	11,3	32,1	37,7	42,4	33,0	26,7	24,5			25,4	48,8	28	
3	34,5	45,5	17,1	14,8	11,6	13,9	23,5	11,9	8,6	7,3	10,7	13,5	12,8	9,5	11,1	12,2	13,1	11,6	20,6	26,2	33,4	37,6	49,0	17,0	17,2	10,8	17,0	21,0	24,1	28,0		19,5	49,0	30
4	23,6	45,7	58,5	47,5	50,2	30,6	29,1	44,5	49,1	37,2	32,3	30,7	34,7	37,3	36,9	41,0	31,3	38,5	36,4	30,9	20,6	23,6	24,9	45,7	46,3	67,0	11,7	11,8	6,1	28,6	35,1	67,0	30	
5	27,1	30,6	22,7	14,5	11,5	13,7	17,6	18,8	18,0	14,9	18,7	11,8	14,7	11,7	6,5	21,5	26,3	20,0	25,1	18,7	17,4	12,3	12,4	13,9	22,0	22,9	27,3	19,8	14,5	19,4	19,8	18,3	30,6	31
6	24,0	25,2	22,6	30,3	27,8	20,9	22,4	23,1	19,8	32,8	29,9	35,8	35,1	46,8	44,1	22,2																	46,8	16
7																																	0	
8																																	0	
9																																	0	
10																																	0	
11																																	0	
12																																	0	

Obrázek č. 50: Podrobný přehled imisních hodnot z roku 2019, informace o kvalitě ovzduší v ČR

zdroj: český hydrometeorologický ústav [31]

období	Popis lokality	PM ₁₀ (µg.m ⁻³) Roční aritmetický průměr	PM ₁₀ (µg.m ⁻³) (leden, únor, březen, duben)
2019	Moravská Ostrava – lokalita č.1	26,1	31,9
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	25
2018	Moravská Ostrava – lokalita č.1	36,2	51,3
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	30,1	43,4
2017	Moravská Ostrava – lokalita č.1	31,0	55,2
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	29,4	44,7
2016	Moravská Ostrava – lokalita č.1	30,2	36,7
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	30	35,4
2015	Moravská Ostrava – lokalita č.1	33,9	40,3
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	-
2014	Moravská Ostrava – lokalita č.1	38,6	47,9
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	-
2013	Moravská Ostrava – lokalita č.1	40,6	64,1
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	-
2012	Moravská Ostrava – lokalita č.1	43,1	56,3
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	-
2011	Moravská Ostrava – lokalita č.1	42,2	59,5
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	-
2010	Moravská Ostrava – lokalita č.1	51,3	79,1
	Ostrava Poruba – lokalita č.2	-	-

Obrázek č. 51: Souhrnný přehled imisních hodnot z let 2010–2019, informace o kvalitě ovzduší v ČR,

zdroj: český hydrometeorologický ústav [31, 58]

4.3.6 Laboratorní zhodnocení odběru vzorků ze severní strany panelového bytového domu v Porubě a vzorku kůry z blízkého stromu.

V uskutečněném projektu VŠB-TUO z roku 2014 [17], byly odebrány vzorky omítky ze severní a jižní strany fasády a vzorek kůry blízkého stromu (obě místa byla viditelně zelená). Vzorky byly následně analyzovány na oddělení Bionanotechnologií (VŠB-TUO) [59]. Cílem bylo zjistit přítomnost a druh mikroorganismů [17].

Z odebraných vzorků omítek byl udělán vodní výluh a ten pozorován pomocí světelného prozařovacího mikroskopu. Vzorky byly umístěny do eppendorfky (Eppendorf) a doplněny deionizovanou vodou na objem 1 ml. Vzorky se luhovaly 24 h a 72 h za laboratorních podmínek. Následně byly výluhy se vzorky protřepány na laboratorní třepačce Genius 3 Ika Vortex. Z takto upravených vzorků bylo odebráno 10 µl vodního výluhu, který byl kápnut na

podložní sklíčko, přikryt krycím sklíčkem a mikroskopován. K mikroskopování byl použit světelný prozařovací mikroskop Olympus CX 31 s připojenou CCD kamerou, která umožnila pořídit sérii barevných mikrofotografií při zvětšení 400x [17].

Z provedené analýzy vyplývá:

Omítka – pohledově s biotickým narušením, severní strana fasády: *zelené terestrické řasy (Chlorophyceae)*.

Kůra – pohledově s biotickým narušením: *Zelené terestrické řasy (Chlorophyceae)*.

Omítka – pohledově bez biotického narušení, jižní strana fasády: *Houbové spory*

V žádném z dodaných vzorků nebyly nalezeny houbové hyfy. U vzorků byly detekovány zelené terestrické řasy (Chlorophyceae) a nebyl shledán rozdíl ve výsledcích mezi výluhy odečítanými po 24 a 72hod [17].



Obrázek č. 52: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x [17],
zdroj: oddělení bionanotechnologií VŠB-TUO [17, 59]

4.4 Posouzení fasády rodinného domu opatřeného fungicidními a algicidními přípravky

Řešený rodinný dům je situován na ulici Oldřicha Stibora 427, Ostrava – Polanka nad Odrou. Obvodové stěny jsou tvořeny cihlou pálenou o tl. 450 mm. Objekt je kontaktně dodatečně zateplen fasádním polystyrénem tl. 50 mm. Omítka je minerální, s výraznou rýhovanou strukturou v odstínu bílé barvy. Vše dle požadavků investora.



Obrázek č. 53: Foto rodinného domu 2011,
zdroj: mapy.cz

Obrázek č. 54: Foto rodinného domu 2014,
zdroj: mapy.cz

Po velmi krátké době cca 3 roky, se na fasádě ze severozápadní strany začaly rychle tvořit souvislé kolonie mikroorganismů, které lze vidět na obr. č. 54 viz. výše. Umístění rodinného domu je zřejmé z obr. č. 55 níže.



Obrázek č. 55: Umístění rodinného domu ve vztahu k nejbližšímu okolí,
zdroj: mapy.cz

Pro posouzení fasády byla vybrána nejvíc napadená fasáda, tedy fasáda od severozápadu. Na tuto fasádu byly provedeny tři varianty sanačních opatření.



Obrázek č. 56: Napadená fasáda před aplikací sanačních opatření a detail struktury fasády, zdroj: autor

Na fasádu rodinného domu byla aplikována různá sanační opatření a cílem bylo kontrolovat pomocí podrobného mikroskopického rozboru a vizuálního jevu přítomnost či nepřítomnost mikroorganismů. V experimentu byl proveden postřik na silně napadené fasádě rodinného domu. Byly použity tři různá preventivní opatření, z nichž každá byla aplikována po dobu definovanou výrobcem.

Experiment č. 1:

1. odstranění mikroorganismů

MYKOL S – biocidní přípravek na bázi aktivních organických látek

2. Preventivní ochranná vrstva

WATERSTOP nano – přípravek bez obsahu organických rozpouštědel, šetrný k životnímu prostředí

Experiment č. 2:

1. odstranění mikroorganismů

ALG odstraňovač – biocidní přípravek na bázi aktivních organických látek

2. Preventivní ochranná vrstva

DETOXY ALG – obsahuje fotokatalyticky aktivní látku na bázi modifikovaného titandioxidu

Experiment č. 3:

1. odstranění mikroorganismů

ALG odstraňovač – biocidní přípravek na bázi aktivních organických látek

2. Preventivní ochranná vrstva

DETOXY ALG – obsahuje fotokatalyticky aktivní látku na bázi modifikovaného titandioxidu

3. Hydrofobní ochranná vrstva

Ochranný nátěr – hydrofobním nátěrem BTPProtect



Obrázek č. 57: Zobrazení použitých preventivních opatření (2014). Experiment 1-3 z leva do prava [42], zdroj: autor

V první variantě preventivního opatření experimentu č. 1 byl pro odstranění mikroorganismů aplikován přípravek MYKOL S, který byl následně opatřen hydrofobním nátěrem WATERSTOP nano. MYKOL S je kapalný fungicidní a algicidní přípravek pro stavební materiály na bázi biocidně aktivních organických látek. V tomto případě byla napadená fasáda opatřena přípravkem a přípravek působil asi 1 h. Po této době byl povrch omyt čistou vodou. Přípravek nebyl ředěn. Po vyschnutí (asi 48 hodin) byl aplikován neředěný přípravek WATERSTOP nano, jedná se o přípravek bez obsahu organických rozpouštědel, šetrný k životnímu prostředí. Nano-vrstva vytváří ochranný štít na sálavých površích. Přípravek deklaruje chránit povrch proti prorůstání mechtů a plísní min. 3–5 let. V tomto případě se nejedná o materiály na principu fotokatalytických nátěrů či nástřiků.



Obrázek č. 58: Odstraňovače plísní MYKOL S a hydrofobní povrchová ochrana WATERSTOP nano, zdroj: autor

Pro druhou variantu preventivního opatření experimentu č. 2 byl aplikován odstraňovač plísní, hub a řas přípravek ALG odstraňovač. Na plochu fasády byl natřen neředěný přípravek ALG odstraňovač a asi po 10-30 minutách se nátěr omyl vodou a nechal zaschnout.

Poté byl aplikován ředěný nátěr pro prevenci DETOXY ALG, jedná se o transparentní ochranný nátěr proti řasám, mechům a plísním (dle informací výrobce: DETOXY ALG obsahuje fotokatalyticky aktivní látku na bázi modifikovaného titandioxidu, citlivou na viditelné i ultrafialové světlo, která rozkládá škodlivé chemické emise z okolního vzduchu na vodu a oxid uhličitý. Dále obsahuje další aktivní nanočástice kontaktně působící proti celé škále škodlivých organismů, jako jsou řasy, plísně, sinice nebo mechy, a to i při absenci světla. Působením světla se tento jev ještě znásobuje). Před aplikací byla nátěrová hmota zředěna s vodou v poměru 1:1. Algicidní a fungicidní účinnosti deklarovaná výrobcem je stálá po celou dobu životnosti fasády.



Obrázek č. 59: Odstraňovače plísní ALG ODSTRAŇOVAČ, prevence DETOXY ALG a hydrofobní prostředek BTProtect, zdroj: autor

Jako třetí varianta preventivního opatření experimentu č. 3 byl použit odstraňovač plísní, hub a řas, přípravek ALG odstraňovač, který byl následně opatřen preventivním přípravkem DETOXY ALG. Avšak na závěr byl po zaschnutí ještě opatřen hydrofobním nátěrem BTProtect, což je účinný hydrofobní přípravek na minerální povrchy.

Technické listy vybraných produktů (odstraňovače plísní ALG ODSTRAŇOVAČ, prevence DETOXY ALG, hydrofobní prostředek BTProtect, odstraňovače plísní MYKOL S a hydrofobní povrchová ochrana WATERSTOP nano) jsou součástí této disertační práce jako přílohy.

Po jednom roce nedošlo k žádné detekci mikroorganismů na žádném vzorku (bylo potvrzeno mikroskopickou analýzou omítky) [42]. Minerální omítka v místech provedené sanace je dle vizuálního jevu stále bez přítomnosti mikroorganismů (rok 2015).

Po pěti letech byla provedena vizuální prohlídka sanačních opatření. Všechny 3 různá sanační opatření dopadla stejně. Už pouhým okem je zřejmý výskyt mikroorganismů. Druhá varianta, kdy byl použit nátěr pro prevenci DETOXY ALG (dle informací výrobce: DETOXY ALG obsahuje fotokatalyticky aktivní látku na bázi modifikovaného titandioxidu, citlivou na viditelné i ultrafialové světlo, která rozkládá škodlivé chemické emise z okolního vzduchu na vodu a oxid uhličitý) dopadla stejně či ještě hůře, než byl původní výskyt viz obr. níže č. 60.



Obr. č. 60: Fotodokumentace 2019, účinnost sanačních opatření, zdroj: autor

Vzhledem ke svým investičním možnostem se majitel rozhodl pro očištění fasády chlórem a nátěr novou, tmavě šedou silikonovou barvou (leden, 2021) viz obr. č. 61 níže.



Obr. č. 61: Fotodokumentace leden 2021, nová fasáda, zdroj: autor

4.5 Definování zásad a opatření ochrany proti růstu mikroorganismů na fasádách panelových bytových domů

Na základě sledování a vyhodnocení analýz (viz kapitola č. 4.2 Posouzení faktorů, které ovlivňují biotické napadení (faktory: umístění fasády vzhledem k orientaci ke světovým stranám, struktuře omítky, tloušťce tepelné izolace ETICS a barevnosti fasády) a kapitola č. 2.1 Faktory ovlivňující mikrobiální růst na fasádách panelových bytových domů) lze konstatovat, že růst řas a hub lze částečně zmírnit nebo alespoň oddálit použitím vhodného typu a struktury omítky a kombinací přidáním biocidů do omítkových směsí. Biocidy jsou složky, které zvyšují odolnost fasády proti napadení biologickými škůdci. Ty jsou však vlivem povětrnostních vlivů postupně vymyty z omítkových směsí a hrozí jejich opětovné napadení.

Použitím preventivních ochranných prostředků lze zabránit růstu řas a hub i přesto, že jsou mikroklimatické podmínky na povrchu fasády k jejich růstu vhodné. Tím, že se aktivní účinné látky rozpustí na povrchu fasády ve vodním filmu, se stává potenciální výživný substrát záhubou nežádoucích mikroorganismů, neboť právě biocidní látky pronikají buněčnými stěnami biotických škůdců. Velkou nevýhodou nátěrových prostředků je omezená doba účinnosti, jelikož jsou z omítkového či nátěrového materiálu postupně vymývány dešťovou vodou až se jejich účinky zcela vyčerpají. Některé biocidy navíc rozkládá i sluneční záření [18]. Biocidní látky se dnes přidávají do všech omítek i fasádních nátěrů na ETICS. Dosavadní zkušenost s biocidy však ukazuje, že většinou účinkují pouze relativně krátkodobě (cca 5 let).

Rekonstrukce již zasažené omítky se, stejně jako v případě prevence, provádí pomocí prostředků s účinnými biotickými vlastnostmi. Algicidní prostředky se používají proti řasám a modrozeleným řasám a fungicidní proti houbám. S ohledem na regionální a mikroklimatické podmínky je nutné provést postřik nejméně jednou za každých pět let.

Je-li omítka již napadena, používáme algicidní, fungicidní a baktericidní prostředky, které likvidují nežádoucí vegetaci z již napadené fasády. Konkrétní postup a koncentrace použitých prostředků musí vycházet z odběru vzorků biologického napadení a jeho identifikace odbornou laboratoří, technického listu příslušného biocidního prostředku a také z druhu stávající omítky. Musí být stanoveno v jakých časových intervalech je nutné biocidní ochranu fasády obnovovat. Pokud je příčinou chybné provedení detailů ETICS, je nutné před samotnou sanací odstranit příčinu hromadění vlhkosti. Doporučeno je provést doplňující opatření sanace fasády. Jedním z podpůrných opatření je mechanické očištění parapetu,

okapových chodníků, schodišť, zídek apod. v okolí objektu od povlaků řas a hub, případně omytí šetrnějšími biocidy.

Mezi nové metody sanace zasažených omítek na fasádách panelových bytových domů patří fotokatalýzové nátěry (dále jen FN), které využívají samočistící schopnosti a zároveň mohou sloužit k zlepšení čistoty ovzduší znečištěného organickými látkami. Fotokatalýza je založena na oxidu titaničitém (TiO_2), který je schopen se za pomoci světla aktivovat a vytvořit oxidační povrch, který je schopen rozbít 99,9 % organických vazeb (kouř, mikroorganismy, zápach atp.) a zároveň zoxidovat některé anorganické prvky. Účinnost FN nátěrů je založena na využití speciálního pojiva, které je přístupné pro vzduch a dokáže nanokrystalky TiO_2 udržet na povrchu nátěrové vrstvy tak, aby byla maximalizována jejich účinnost a plnily svoje čistící vlastnosti, i když je v nátěru přidána barevná složka. Účinnost speciálního pojiva byla potvrzena množstvím studií, avšak účinnost v praxi prozatím nebyla jednoznačně prokázána [3].

5 Výsledky disertační práce

Na základě zjištěných poznatků, resp. příčin napadení lze v budoucnu předcházet, eliminovat či co nejvíce oddálit nežádoucí výskyt mikroskopických řas, hub či sinic. Tímto problémem je nutné se zabývat již při samotném návrhu systému dodatečného zateplení.

- **Analýza tepelně technických, energetických a environmentálních souvislostí s ohledem na platnou legislativu a ve vztahu k panelové bytové výstavbě realizované v 2. polovině min. století.**

Vývoj tepelně technických požadavků se neustále zpřísňuje. Od roku 1962 to bylo z hodnoty $U_n=1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ na nynějších $U_n=0,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ pro vytápěné obytné budovy viz obr. č. 12. (kapitola 4.1). V dnešní době se tohoto požadavku dosahuje dodatečným zateplením ETICS.

Ačkoliv se budovy začaly zateplovat již v 80. letech 20. století, začaly se problémy s biotickými škůdci výrazněji objevovat v posledních 10 letech. Obvodové stěny starší panelové zástavby mají vysokou hodnotu součinitele prostupu tepla. Díky požadavkům na dosažení co nejmenších tepelných ztrát prostupem tepla se tloušťka tepelného izolantu zvětšovala z prvotních 20 mm na současných 160–200 mm.

Právě u stěn s vysokými tloušťkami tepelných izolací se biotičtí škůdci vyskytují nejčastěji. Důvodem je výrazné snížení tepelných ztrát skrz obvodovou stěnu. Nedochází k „ohřevu“ částí konstrukce za tepelným izolantem, čímž dochází ke snížení teploty povrchu fasády. Je nutné si uvědomit, že problém ETICS spočívá zejména v tom, že vrchní vrstva není díky masivnímu zateplení v zimních měsících zahřívána, a tak nejsou předpoklady k úspěšnému odvedení zkondenzované vlhkosti ze svrchní vrstvy. To se týká zejména severně orientovaných fasád, popř. fasád, které jsou zastíněny stromy. Toto tvrzení bylo dokázáno v případové studii viz graf č. 3 (kapitola 4.2.3), kde zateplené bytové domy, které byly opatřeny tloušťkou izolace 120 mm byly více napadeny, než bytové domy s tl. tepelné izolace 100 mm.

Vliv plísní a řas na zateplených fasádách se v první řadě projevuje jako vážný estetický problém, který není pro majitele či SVJ vlastníky akceptovatelný zejména díky tomu, že k biotickému napadení dochází už i několik let po dokončení zateplení a realizaci nových omítek.

Pokud se problém neřeší, dochází k působení na povrch ETICS odpadními látkami metabolických přeměn, zejména slabých organických kyselin a cukrů. Řasy i plísně také vrůstají do štěrbin mezi materiály, zejména do spár desek tepelného izolantu, kde způsobují objemové změny a tím pádem i degradaci svrchní ochranné vrstvy ETICS, čímž se zateplovací systém dále otevírá pro přístup dalších mikroorganismů, a ještě větší degradaci [33].

- **Posouzení faktorů, které ovlivňují biotické napadení (Případová studie).**

V uvedené případové studii byly hodnoceny jednotlivé faktory ovlivňující biotické napadení zvláště v porovnání dvou lokalit. Zkoumané lokality byly o velikosti cca 90 ha (lokalita č.1) a 50 ha (lokalita č.2). Výsledné grafy první lokality vycházely z hodnot, které byly získány z 99 objektů, což je 74 % z vybrané panelové zástavby v dané lokalitě. Pro druhou lokalitu se jednalo o 71 objektů, což je 57 % z vybrané lokality.

Mezi hlavní faktory ovlivňující biotické napadení na fasádách bytových domů, patří jednoznačně světové strany – neboli zastínění fasády. Zastínění fasády nastává z hlediska její orientace ke světovým stranám nebo zastíněním porostem či okolními budovami. Toto vyhodnocení bylo dokázáno na obou lokalitách v Ostravě viz graf č. 1 (kapitola 4.2.1). Nejvíce jsou zasaženy fasády severní, severovýchodní a severozápadní, a to v uvedeném pořadí.

Dalším faktorem, který má výrazný vliv na budoucí biotické napadení fasád, je dodatečné zateplování. U zdiva bez tepelné izolace trvá riziko noční kondenzace vodní páry po dobu dvou měsíců během kalendářního roku. U zdiva s tepelnou izolací je riziko kondenzace vodní páry na povrchu fasády za nočních podmínek až 6 měsíců [11].

Co bylo možné posoudit na základě výběru různých lokalit v Ostravě, bylo regionální umístění, tedy konkrétně množství zeleně na sídlišti a smog. V lokalitě Poruba (lokalita č. 2) byl vyšší výskyt biotického napadení a také vyšší míra zeleně. Z provedených průzkumů víme, viz kapitola 4.3.6, že na fasádách bytových panelových domů, byly stejné mikroorganismy jako např. na kůře stromu, který rostl nedaleko fasády. Růstu biotického napadení na fasádách panelových bytových domů velmi přispívají také oblasti s častým výskytem atmosférických srážek. Vzhledem k blízkosti vybraných lokalit, které jsou od sebe vzdálené asi 9 mm, vliv atmosférických srážek nebyl posuzován.

Smog byl vyhodnocen na základě informací z Českého hydrometeorologického ústavu. Pro první čtvrtletí je pro Moravskou Ostravu (lokalita č. 1) naměřena hodnota

PM10=31,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pro Porubu (lokalita č. 2) PM10=25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a to za rok 2019. V předchozích letech bylo měření na podstatně horších hodnotách např. v roce 2003 bylo v Moravské Ostravě naměřeno PM10=56,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (aritmetický průměr za celý rok) a za první 4 měsíce to bylo až PM10=92,6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ [31]. Z uvedeného obr. č. 51 (kapitola 4.3.5) je zřejmé, že se tyto hodnoty každým rokem díky legislativě zlepšují. V lokalitě Poruba (lokalita č. 2) lze zaznamenat nižší hodnoty polévatého prachu PM10. A i přes tyto nižší hodnoty je v Porubě vyšší výskyt biotického napadení.

Mezi faktory, které byly ověřovány ve studii, patřila také struktura omítky. Finální fasády, které jsou rýhované, potom logicky vytváří vhodný substrát pro klíčení a rozvoj mechů. Čím větší je struktura omítky, tím lépe se daří případným mikroorganismům na dané fasádě. Toto vyhodnocení bylo dokázáno grafem č. 2 (kapitola 4.2.2).

Tyto výše uvedené faktory, které ovlivňují biotické napadení, jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 3 níže s vyznačením výše rizika. V případě panelového bytového domu, který je dodatečně zateplen je biotické napadení na severních stranách téměř jisté, v případě přidružení dalších rizikových faktorů se nebezpečí biologického napadení dále zvyšuje.

VYBRANÉ FAKTORY BIOTICKÉHO NAPADENÍ	RIZIKO
Světové strany	3
Dodatečné zateplování	3
Struktura omítky	1
Regionální podmínky – množství zeleně	2
Regionální podmínky – smog	1

Tabulka č. 3: Rizika vybraných faktorů biotického napadení

Míra rizika: 1 – nízké, 2 – zvýšené, 3- vysoké

Faktory, které se ve studiích nehodnotily, avšak mají taktéž vliv na budoucí míru biotického napadení jsou, oblasti s častým výskytem atmosférických srážek a mlh, druh omítky (nejčastěji akrylátové, silikátové, silikonové, mozaikové), blízkost vodních ploch, architektonické řešení, nevhodné řešení detailů a hodnota pH.

- Diagnostika, odběr vzorků a analýza vzorků omítek z povrchu vnějších fasád panelových bytových domů, které jsou opatřeny ETICS.

Vzorky byly odebrány ze dvou popsanych lokalit s označením M1-6 pro Moravskou Ostravu (lokalita č. 1) a P1-6 pro Ostravu Porubu (lokalita č. 2). Byly vybrány ty fasády, které byly zjevně napadeny mikroorganismy (určeno pohledem).

Vzorky byly odebrány v listopadu 2019 a bylo testováno celkem 12 vzorků. Vzorky byly následně analyzovány na oddělení bionanotechnologií (VŠB-TUO). Cílem bylo zjistit přítomnost a druh mikroorganismů.

Ve vzorcích analyzovaných omítek byly detekovány mikroskopické vláknité houby (plísně) a řasy. Z výsledků provedených vyšetření je možné usoudit, že řasy a plísně jsou příčinou tmavších skvrn na omítce. Plísně a řasy kolonizují vlhká místa staveb, nejčastěji na severních a severozápadních stranách staveb.

Ve většině vzorků byla detekována pylová zrna a nebyl pozorován velký rozdíl ve výskytu řas po 24 hodinách a po týdnu.

Lokalita č. 1:

Vzorek	Název
M1	<i>Chlorophyceae</i> (řasy) – bičíkaté (obr. A) a bez bičíku (obr. B)
M2	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
M3	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
M4	<i>Dothideomycetes</i> (houby)
M5	<i>Chlorophyceae</i> (řasy) (Obr. A) a <i>Dothideomycetes</i> (houby) (Obr. B)
M6	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)

Lokalita č. 2:

Vzorek	Název
P1	<i>Dothideomycetes</i> (houby) – pravděpodobně čern střídavá (Obr. A) a <i>Chlorophyceae</i> (řasy) (Obr. B)
P2	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P3	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P4	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P5	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)
P6	<i>Chlorophyceae</i> (řasy)

Ve všech vzorcích byla identifikována přítomnost živých buněk, ať se jednalo o zelené řasy třídy *Chlorophyceae*, či houbové buňky třídy *Dothideomycetes*. Prokazatelně největší množství řasových buněk bylo detekováno ve vzorku P4. Ve vzorcích M1, M4, M6, P3 a P5 byly buňky detekovány ve velmi malých množstvích, a navíc ve vzorku M4 byla detekována přítomnost pouze houbových buněk.

Dothideomycetes je největší a nejrozmanitější třída z *ascomycete* hub. Zahrnuje 11 řádů, 90 rodin, 1300 rodů a více než 19 000 známých druhů [1, 2]. Čern střídavá (*Alternaria alternata*) je druh vřekovýtrusné houby, způsobující skvrny na listech nebo poškození různých orgánů u celé řady druhů rostlin. *Alternaria alternata* je jeden z nejvýznamnějších

druhů hub způsobujících alergické reakce dýchacího ústrojí. Je rovněž jedním z nejdůležitějších alergenů způsobujících dětské alergie a byla identifikována jako rizikový faktor při vzniku astmatu [24].



Obr. č. 62: Odběr vzorků P1, M4 a M5 s mikroskopickým potvrzením přítomnosti hub třídy *Dothideomycetes*, zdroj: autor

Na uvedených obrázcích výše je zdokumentováno místo, kde byl uskutečněn odběr jednotlivých vzorků. Na těchto fasádách byla mikroskopicky potvrzena přítomnost hub třídy *Dothideomycetes*.

Zelenivka (*Chlorophyceae*) je velká třída převážně sladkovodních zelených řas; odhadem obsahuje asi 500 rodů a 3000 druhů [26]. Tyto mikroorganismy už nejsou pro člověka nebezpečné, ale dochází díky nim ke zhoršení tepelných vlastností pláště budovy [34].

V odebraných vzorcích byla potvrzena přítomnost plísní a řas. Spolu s prachovými a polutantními mastnými atmosférickými částicemi vytvářejí na fasádě krustu, která zadržuje vodu. Při mrazu v zimních měsících a přeměně vody v led dochází k odrolování částic omítky, a tak ke znehodnocování povrchu fasády. Dále je povrchová vrstva omítky negativně ovlivňována zejména organickými kyselinami, které produkují plísně rostoucí na povrchu omítky. Kromě estetických nedostatků stavby a povrchu fasád mohou plísně rostoucí na venkovních omítkách způsobovat i další problémy.

Spory plísní rostoucí na venkovních omítkách se uvolňují do okolního prostředí domů a při větrání se dostávají i do vnitřního prostředí bytů, ve kterých mohou poškozovat lidské zdraví. Mikroskopické vláknité houby – plísně by měly být z omítek a zateplené fasády systému ETICS co nejdříve odstraněny vhodným způsobem, tedy prostřednictvím odborně

způsobilé prováděcí firmy [35]. Inhalace spor (rozmnožovacích částic plísní, které se při růstu uvolňují do ovzduší) může způsobovat alergická onemocnění u vnímavých jedinců.

Mezi nejznámější alergenů patří plísně rodu *Cladosporium*. Mikroskopické vláknité houby – plísně mohou příležitostně způsobovat i některá další onemocnění lidí. V několika případech byl druh *Acremonium strictum* izolován z lidské pokožky jako původce hnisavých zánětů. Plísně rodu *Cladosporium* mohou způsobovat například keratitidy (zánět oční rohovky). Byly izolovány z podkožních cyst a jsou popsány i případy plicních infekcí. *Trichotecium roseum* produkuje trichotecenové toxiny a je považován za alergenní plíseň. Výskyt zdravotních obtíží vždy závisí na imunologickém stavu (obranyschopnosti) lidského organismu a dávce (množství spor v prostředí) mikroskopických vláknitých hub. K rizikovým skupinám patří zejména děti a senioři [41].

- Posouzení fasád opatřených fungicidními přípravky.

Zkoumaný rodinný dům je situován na ulici Oldřicha Stibora 427, Ostrava – Polanka nad Odrou. Obvodové stěny jsou tvořeny cihlou pálenou o tl. 450 mm. Objekt je kontaktně dodatečně zateplen fasádním polystyrénem tl. 50 mm. Omítka je minerální, s výraznou rýhovanou strukturou v odstínu bílé barvy.

Už po třech letech se na severozápadní straně rozrostly kolonie řas viz obr. č 53. a 54 (kapitola 4.4). Řasy a plísně způsobují znehodnocení fasádní zateplené omítkoviny v kombinaci s UV degradací fasádních materiálů. Tato kombinace výrazně napomáhá rychlejší erozi a rozpadu fasádního pojiva. Majitel se před provedením celkové sanace rozhodl pro zkoušku 3 různých sanačních opatření viz kapitola 4.4.

Po provedení sanačních opatření majitel zjistil, že tato opatření nejsou účinná a výsledek je po pěti letech stejný, v případech, kdy je použita fotokatalýza ještě horší.

Vzhledem ke svým investičním možnostem se majitel rozhodl pro očištění fasády chlórem a nátěr novou, tmavě šedou silikonovou barvou (leden, 2021) viz obr. 61 (kapitola 4.4).

Hlavním problémem, který lze přisuzovat četné kolonii mikroorganismů, je dodatečné zateplení domu tepelnou izolací o tl. 50 mm. Po aplikaci tepelné izolace o tloušťce pouhých 50 mm dochází k výraznému poklesu teploty o 1,25 ° viz obr. č.13 (kapitola 4.1). Tepelná izolace zabraňuje pronikání tepla z interiéru na vnější povrch fasády a vytváří tak vhodné

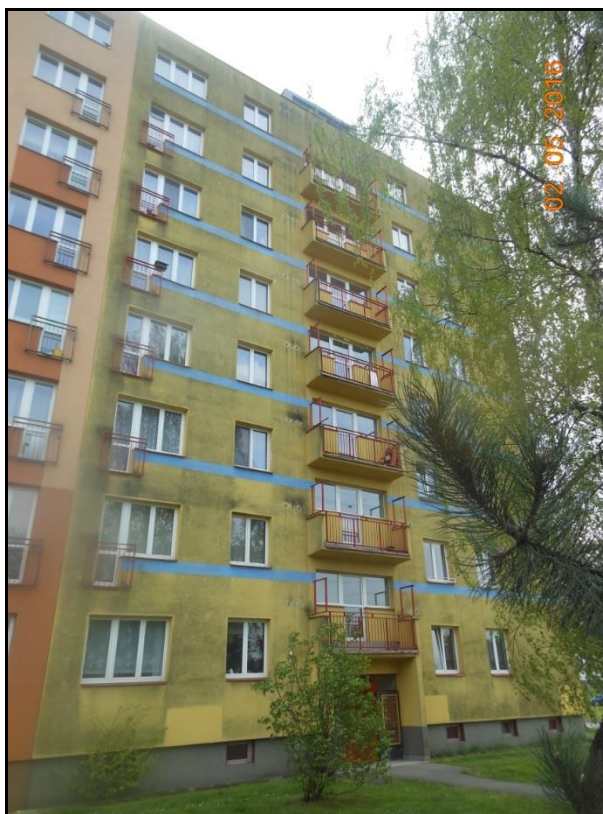
podmínky pro růst mikroskopických řas. Dříve doporučovaná tloušťka zateplení 50-80 mm v dnešní době už neplatí.

Dnes je vyžadována tloušťka 120-140 mm a to se jedná o minimální hodnoty. Cílem je dostat rosný bod pryč ze zdiva do tepelného izolantu, kde nezpůsobuje žádné problémy. Dnes jsou již důkazy z realizovaných fasád z let 1992—2000, kdy byly použity izolanty o tl. 50 mm (vata, polystyren). Při jejich demontáži se nabízel nehezský pohled na vlhký a zplesnivělý povrch stěn pod izolanty, kde za roky nakondenzovala voda, která se držela mezi izolantem a stěnou. Tento nežádoucí jev se projevoval zvlhlými stěnami v interiéru a tvorbou plísní na jejich povrchu. U některých staveb došlo k postupnému zborcení celého zateplovacího systému. Jisté je, že takovéto zateplení nám nezajistí žádnou tepelnou ochranu domu [36].

Minerální omítky mají pH až 14 díky vápencovým pojivům, a zde by tedy mělo být riziko minimální. Nicméně při relativní vlhkosti nad 75 % a pH pod 10 se stavební konstrukce mohou stát ideálním prostředím pro růst řas a vyklíčení spor plísní. Jak už bylo výše zmíněno viz. 2.1.12 hodnota pH, mikroorganismy jsou schopny pH stavebního podkladu výrazně měnit.

Je otázka, kolik peněz majitele bude ještě fasáda stát, a je na zvážení, zda by nebylo finančně výhodnější strhnout stávající dodatečné zateplení a znovu zateplit s použitím tloušťky tepelné izolace dle normových výpočtů. Z hlediska dosažení co nejdelší ochrany fasády a celkové šetrnosti vůči životnosti fasády by bylo vhodné aplikovat ochranu s ověřeným fungicidním a antibakteriálním dlouhodobým efektem.

- Definování teoretických zásad a opatření ochrany dle získaných výsledků



Obr. č. 63: Následky chybného provedení dodatečného zateplení panelových bytových domů, zdroj: autor

Prevence

Moderní zateplené fasády by měly mít předpokládanou životnost 25 let. A to pouze v případě, že se o ně majitelé budou šetrně starat, a že bude zajištěn systém pravidelné péče a údržby, zpravidla po pěti letech. Každá fasáda má své nepřátele, a to krom řas a plísní jsou UV záření, povětrnostní vlivy (děšť) a prach. U panelových bytových domů se dá očekávat, že na fasádách ulpí vzdušné nečistoty, pyl i spory řas a plísní. Tyto nečistoty zadržují vodu, která v zimě zmrzne a může tak rozrušit tenkovrstvou finální vrstvu [37].

Mezi jednoduché rady pro účinnou prevenci patří:

- Nezastiňovat zbytečně fasádu. Vytvoří se tak ještě vhodnější místo k růstu řas a plísní. Ideální fasáda je taková, která nezadržuje zbytečně vodu a je co možná nejhladší.
- Chránit fasády proti degradujícímu vlivu UV záření (použití minerálních omítek a minerálních barev s minerálními pigmenty nebo minerální ochranný nátěr proti UV záření)

- Chránit fasádu proti napadení mikroorganismy. S ohledem na regionální a mikroklimatické podmínky je nutné provést postřik nejméně jednou za každých pět let.
- Chránit fasádu proti nadměrnému tepelnému namáhání zvolením světlých barev. Vysoké tepelné namáhání vytváří praskliny a urychluje stárnutí
- Čištění tlakovou vodou (vapkou) se nedoporučuje, nelze dodržet předpokládanou životnost 25 let. Klasická vapka, která je základem tlakového mytí, má tlak 110–130 barů. Minimalizovat erozivní dopady čištění (po každém čištění provést sanaci povrchu nátěrem penetrace nebo fasádní barvy, použít samočistící barvy nebo ochranné nátěry).
- Trhliny, odlupující se části fasády a jiná mechanická poškození musí být bezodkladně opraveny.
- Je důležité sledovat průběžně čistotu fasády a rozsáhlejší výskyt řas či plísní. V tomto případě je důležité povolat odbornou firmu [37].

Dosavadní praxe ukazuje, že není možné s jistotou potvrdit, zda k růstu mikroorganismů dojde nebo nikoliv. Jako ideální cesta a z logiky věci vyplývá, že je důležitá volba materiálu s vhodnými chemickými vlastnostmi v kombinaci s fungicidními prostředky. Z hlediska mechanické odolnosti je vhodné volit zejména omítky a barvy na bázi silikonů, které svými hydrofobními vlastnostmi výrazně snižují vlhkostní namáhání fasády a díky svým difuzním schopnostem umožňují snadný odchod par z konstrukce. V rizikových částech fasád je nejlépe použít dodatečnou ochranu speciálním fungicidním nátěrem [37].

Výběr odborné firmy k vyčištění fasády

V případě renovace bytového panelového domu nebo rodinného domu s větším rozsahem poškození je odborná konzultace nutná. Špatně provedený zásah se po nějaké době projeví opětovným růstem plísní.

Pro mnoho lidí v dnešní době je velmi zanedbávanou hodnotou dlouhodobé myšlení a plánování vyšší investice do kvality.

Problém bytových panelových domů je ten, že je potřeba, aby byla shoda u obyvatel většinová. Jelikož se mnoho bytů užívá pouze v pronájmu, majitelé o investice nemají vysoký zájem. Při mytí fasád bytových panelových domů jdou proti požadavky majitelů. Chtějí mít

čistý dům rychle a levně, ideálně bez starostí. Výsledkem tohoto přístupu jsou časem jen další starosti a hlavně investice.

Klíčovou pro výběr odborné firmy by nakonec neměla být nízká či vysoká cena, ale závazné záruky kvalitně a citlivě odvedené práce, která firma poskytne. Protože chybné očištění fasády, bez ohledu na její skutečný stav a celkovou specifikaci, jen zkracuje její životnost [38].

Na co se ptát při výběru zhotovitele:

- Jakou technologii firma používá.
- Praktická ukázka technologie.
- Životnost a garance ochranného systému (min. 10 let).
- Přesná specifikace funkčních parametrů ochranného systému.
- Jak čištění fasády probíhá.
- Délka realizace a cena.
- Reference s prokázáním funkční dlouhodobé ochrany.

Co fasádě škodí?

- Tlakové mytí vodou tlakem více než 60-80 bar.
- Silně kyselé biocidní látky.
- Silně zásadité čisticí přípravky.

Výběr vhodného přípravku k odstranění mikroorganismů z fasád

Základem pro správné a šetrné ošetření bioticky napadeného panelového bytového domu je správný výběr. Rekonstrukce již zasažené omítky se, stejně jako v případě prevence, provádí pomocí prostředků s účinnými biotickými vlastnostmi. Algicidní prostředky se používají proti řasám a modrozeleným řasám a fungicidní proti houbám. S ohledem na regionální a mikroklimatické podmínky je nutné provést postřik nejméně jednou za každých pět let.

Je-li omítka již napadena, používáme algicidní, fungicidní a baktericidní prostředky, které likvidují nežádoucí vegetaci z již napadené fasády. Konkrétní postup a koncentrace použitých prostředků musí vycházet z odběru vzorků biologického napadení a jejich identifikací odbornou laboratoří, technického listu příslušného biocidního prostředku a také z

druhu stávající omítky. Musí být stanoveno, v jakých časových intervalech je nutné biocidní ochranu fasády obnovovat.

Pokud je příčinou chybné provedení detailů ETICS je nutné před samotnou sanací odstranit příčinu hromadění vlhkosti. Doporučeno je provést doplňující opatření sanace fasády. Jedním z podpůrných opatření je mechanicky očistit parapety, okapové chodníky, schodiště, zídky apod. v okolí objektu od povlaků řas a hub, případně omýt šetrnějšími biocidy.

Použitím preventivních ochranných prostředků lze zabránit růstu řas a hub i přesto, že jsou mikroklimatické podmínky na povrchu fasády k jejich růstu vhodné. Tím, že se aktivní účinné látky rozpustí na povrchu fasády ve vodním filmu, se stává potenciální výživný substrát záhubou nežádoucích mikroorganismů, neboť právě biocidní látky pronikají buněčnými stěnami biotických škůdců. Velkou nevýhodou nátěrových prostředků je omezená doba účinnosti, jelikož jsou z omítkového či nátěrového materiálu postupně vymývány dešťovou vodou až se jejich účinky zcela vyčerpají. Některé biocidy navíc rozkládá i sluneční záření [18]. Biocidní látky se dnes přidávají do všech omítek i fasádních nátěrů na ETICS. Dosavadní zkušenost s biocidy však ukazuje, že většinou účinkují pouze relativně krátkodobě (cca 5 let).

Mezi nové metody sanace zasažených omítek na fasádách panelových bytových domů patří fotokatalýzové nátěry (déle jen FN), které využívají samočistící schopnosti a zároveň mohou sloužit pro zlepšení čistoty ovzduší znečištěného organickými látkami. Fotokatalýza je založena na oxidu titaničitém (TiO_2), který je schopen se za pomoci světla aktivovat a vytvořit oxidační povrch, který je schopen rozbít 99,9 % organických vazeb (kouř, mikroorganismy, zápach atp.) a zároveň zoxidovat některé anorganické prvky. Účinnost FN nátěrů je založena na využití speciálního pojiva, které je přístupné pro vzduch a dokáže nanokrystalky TiO_2 udržet na povrchu nátěrové vrstvy tak, aby byla maximalizována jejich účinnost a plnily svoje čistící vlastnosti, i když je v nátěru přidána barevná složka. Účinnost speciálního pojiva byla potvrzena množstvím studií, avšak účinnost v praxi prozatím nebyla jednoznačně prokázána [3].

Pro správné odstranění mikroorganismů na fasádách panelových bytových domů je nutné zahubit řasu celou včetně kořínků. Proto je nutné, aby vybraný prostředek působil až do hloubky. Délku nutnou k působení, uvádí vždy výrobce daného přípravku.

Poté odstraňujeme řasu mechanicky (škrábáním, broušením, tlakovou vodou) dnes použitím demineralizované vody, nebo parním čištěním příp. nízkotlakovým čištěním.

Mytí fasád tlakovou vodou

Mytí fasád je velmi běžný jev, obvykle je to nezbytnost, protože kromě mikroorganismů se na fasády běžně zachytává prach, mastnota apod. Je ale velmi důležité na panelový bytový dům brát ohledy. O předpokládaných 25 letech životnosti si s neodborným zásahem můžeme nechat jenom zdát.

Tlak z trysek obrušuje svrchní vrstvu tenkovrstvé omítky, čímž ji oslabuje. Narušený povrch je pak ideální k budoucímu zachycení nečistot, a především výtrusů nových řas a plísní.

Podle odhadů společnosti JTJ Advanced Materials [12, 39], která vyrábí fotokatalytické přípravky na ochranu fasád, je totiž „obálka“ domu po zhruba třech omytích tlakovou vodou „zralá na totální renovaci“. Vzhledem k tomu, že mytí se obvykle provádí po třech až pěti letech, je zřejmé, že tlaková voda zkracuje předpokládanou životnost fasády přibližně o 10 let. Takže dokud se nezačnou dělat hladké fasády, budou zřejmě jedinými možnostmi, jak je mýt a zároveň neničit, pouze používání demineralizované vody, nebo parní čištění [12, 39].

**Doporučený postup sanace napadených povrchů [40]*

V případě, že je fasáda už od pohledu velmi znečištěna (mikroorganismy, mastnota, prach aj.) je prvním krokem odstranění těchto nečistot mokrou cestou. Po tomto procesu se nechá fasáda vyschnout min. 24 hod. v závislosti na klimatických podmínkách. Očištění fasády probíhá vždy při min. teplotě +5°C. Plísně, řasy a mechy se z fasády před aplikací přípravku nikdy neodstraňují za sucha (kartáčem apod.) a to z důvodu možného rozšíření spor do okolí.

Na připravený suchý povrch (fasáda musí být proschlá min. 24 hod) se nanese přípravek určený k likvidaci bakterií, řas, plísní, mechů, lišejníků a hub (na základě mikroskopického rozboru). Připraví se koncentrace (ředění) dle návodu na etiketě a v doporučeném množství na 1 m² se aplikuje na fasádu. Způsob aplikace je vždy uveden u každého přípravku. Přípravek se nechá působit vždy po dobu stanovenou návodem, aby nedošlo k nežádoucímu vybělení fasády.

V případě silného znečištění mikroorganismy na fasádě se po době působení přípravku (min. 24 hod) nečistoty odstraní použitím demineralizované vody, nebo parním čištěním příp. nízkotlakovým čištěním a opětovným nanesením přípravku na stanovenou dobu (min. 24 hod). Pro správné odstranění mikroorganismů na fasádách panelových bytových domů je nutné zahubit řasu celou včetně kořínků. Proto je nutné, aby vybraný prostředek působil až do hloubky. Délku nutnou k působení, uvádí vždy výrobce daného přípravku.

Konkrétní postup a koncentrace použitých prostředků musí vycházet z odběru vzorků biologického napadení a jeho identifikace odbornou laboratoří, technického listu příslušného biocidního prostředku a také z druhu stávající omítky. Musí být stanoveno, v jakých časových intervalech je nutné biocidní ochranu fasády obnovovat.

Po provedené sanaci přípravkem se fasáda důkladně omyje vodou. Viz kap 5.5.4

V případě, že je fasáda po provedené sanaci a očištění v dobré kondici a v hezkém vzhledu, není potřeba aplikovat novou omítku. Je možné použít pouze preventivní nátěr, aby se zamezilo opětovnému nárůstu mikroorganismů na povrch fasády. Jako prevence se použije preventivní transparentní nátěr s dlouhodobou ochranou proti růstu plísní, řas, mechů, lišejníků a bakterií na fasádách.

V případě zateplené fasády, kdy po sanaci a očištění je povrch fasády nasákavý nebo rozrušený prasklinami a trhlinami, se jako podklad použije penetrační nátěr. Po zaschnutí penetračního nátěru se fasáda přetře novou fasádní barvou v požadovaném odstínu.

6 Konkrétní závěry pro realizaci v praxi

V dnešní době lze konstatovat, že kontaktní tepelně izolační systém (ETICS) plně splňuje požadavky na snížení odvodu tepla vnějšími stěnami. Ve srovnání se stavem bez izolace je výrazně zvýšena úspora tepla. ETICS zároveň chrání fasádu před povětrnostními vlivy a zajišťuje estetickou funkci celé fasády.

Řešení, jak úplně zabránit výskytu mikroorganismů na zateplených fasádách dosud nebylo nalezeno. Jedná se o jev nový, který souvisí s aplikací ETICS a s vývojem tepelně technických a energetických parametrů. Do určité míry může být začátek výskytu odložen vhodným typem omítky, její strukturou a použitím sanačních nátěrů. V silně zatíženém prostředí, jako jsou průmyslová pracoviště s vysokými koncentracemi prachu přenášeného vzduchem PM10, který obsahuje SO₂, NO₂ a CO, má používání biocidních látek v omítkách jen malý, nebo omezený preventivní účinek. Systém pravidelné profylaktické péče a údržby vnějších obvodových plášťů budovy se proto stává nevyhnutelným. Je třeba si uvědomit, že aplikace ETICS nezajistí bezúdržbový systém fasád a jakákoli fasáda s ETICS vyžaduje pravidelnou péči [9].

7 Závěr práce a doporučení pro další postup

Legislativa [49-54] a potřeba úspor na vytápění budovy vyžaduje snížení koeficientu u obvodových konstrukcí na vnější zeď v hodnotě $U_N = 0,3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (pro vytápěné obytné budovy). Nejlepším způsobem, jak těchto požadavků dosáhnout za účelem zlepšení situace, je použití přídatného kontaktního zateplovacího systému ETICS. Změna tepelně vlhkostního režimu fasády po této izolaci umožní podchlazení povrchu fasády a následnou tvorbu vodního filmu na povrchu fasády, další rozvoj mikroorganismů na fasádách je pak ovlivněn ostatními faktory. S možným biologickým napadením fasády je proto nutné počítat již na samotném začátku projektu.

Od začátku projektu je třeba počítat s návrhem dostatečné tloušťky tepelné izolace, navrhnout nejen preventivní opatření, ale také se předem zaměřit na faktory umožňující zvýšený biologický růst a eliminovat je. Aktuální účinek ve formě algicidních, algistatických, fungicidních a fungistatických přísad je účinný pouze pro krátké období. Biologický porost může být oddálen vhodnou povrchovou úpravou a aplikací.

Abychom se dokázali vypořádat s problémy biotického napadení fasád, je nutné spolupracovat s profesionály v oboru fykologie, mikrobiologie, nano biotechnologie a podobně. Je důležité si uvědomit, že tyto mikroorganismy nejen znehodnocují naše fasády, ale mohou mít také negativní vliv na naše zdraví. Řasy a houby jsou přirozenou součástí ekosystému. Je nezbytné hledat preventivní opatření, které jim brání stát se přirozenou součástí našich fasád.

Bylo by vhodné ve výzkumu pokračovat a danou problematikou se i nadále zabývat, ideálně se zaměřením na čištění fasád fotokatalytickými nátěry, vzhledem k nevyhovujícím výsledkům v této práci.

Přínos disertační práce lze členit na pedagogický, vědecký a praktický. Teoretická část disertační práce může sloužit jako ucelený studijní materiál k výuce. Vědecký přínos disertační práce se především opírá o případovou studii v Ostravě ve vybraných sídlištích (viz lokalita č.1- Moravská Ostrava a lokalita č. 2 Ostrava Poruba), mikrobiologický rozbor vybraných fasád panelových bytových domů a provedené sanace silně zasaženého rodinného domu. Za praktický přínos disertační práce lze považovat shrnutí důležitých faktorů ovlivňujících biologické napadení fasád. Implementace zjištěných výsledků do stavební praxe může příznivě ovlivnit možné znehodnocení povrchu fasád.

8 Použitá literatura a ostatní prameny

- [1] Internetový časopis Dama.cz, článek: Živná půda pro plísně? Vlhkost! Vlhkost! Vlhkost! Rozhovor s RNDr. Kateřinou Klánovou, CSc. Zdroj: <http://www.dama.cz/domacnost/zivna-puda-pro-plisne-vlhkost-vlhkost-vlhkost-26140>
- [2] Internetové stránky pí. RNDr. Kateřiny Klánové, CSc. Zdroj: <http://www.plisne.com/>
- [3] Internetové stránky, Zdroj <https://fn-nano.com/>
- [4] Odborná příručka: Řasy na fasádách, KABE Farben. Zdroj: http://www.sanenergo.cz/content/prirucka_rasy_na_fasadach.pdf
- [5] Kubečková, D. 2010. The Past and perspectives of panel construction. VŠB-TUO Ostrava.
- [6] D. Kubečková, V. Matějka, M. Kraus, M. Černá, J. Kukutschová, L. Židek, Biotický útok v opláštění panelových domů, v: Aplikovaná mechanika a materiály, ročník 372 (2013)) str. 189-194
- [7] Internetové stránky. Zdroj: <http://www.ostrava.cz/>, <https://dycham.ostrava.cz/>
- [8] Zatepľovanie budov - Zuzana Sternová, tepelná ochrana, Bratislava: Jaga group. – Knižní vydání
- [9] Internetové stránky, Zdroj: https://www.mzp.cz/cz/mistni_agenda_21
- [10] SKULINOVÁ, D. Sanace panelových objektů občanské vybavenosti v Moravskoslezském kraji. Sanace konstrukcí montovaných objektů: Repair of Prefabricated Constructions [online]. 2003, č. 3, s. 149-153 [cit. 2014-03-26].
- [11] Büchli, R. & Raschle, P. 2011. Algae and fungi on the facades. Ostrava: Missions. - BÜCHLI, RASCHLE. Řasy a houby na fasádách. Nakladatelství Mise, 2011. ISBN 978-80-254-8786-0.
- [12] Internetové stránky, Zdroj: <https://fn-nano.com/>
- [13] KLÁNOVÁ, Kateřina. Plísně v domě a bytě: odstraňování a prevence. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 104 s. Profí & hobby. ISBN 978-80-247-4790-3
- [14] Odborná příručka: Řasy na fasádách, KABE Farben. Zdroj: http://www.sanenergo.cz/content/prirucka_rasy_na_fasadach.pdf
- [15] KUČERIKOVÁ, Veronika, Darja KUBEČKOVÁ, Hana BAROŠOVÁ a Jana KUKUTSCHOVÁ. The biotic attack on frontage. In: Advanced Materials Research. Volume 1020. Zürich: Trans Tech Publication Ltd, 2014. s. 615-620. ISBN 978-3-03835-237-2.
- [16] WASSERBAUER, Richard. Biologické znehodnocení staveb. 1. vyd. Praha: ARCH, 2000, 257 s., [14] s. barev. obr. příl. ISBN 80-86165-30-2.
- [17] KUČERIKOVÁ, Veronika, Darja KUBEČKOVÁ, Hana BAROŠOVÁ a Jana KUKUTSCHOVÁ. The biotic attack on frontage. In: Advanced Materials Research. Volume 1020. Zürich: Trans Tech Publication Ltd, 2014. s. 615-620. ISBN 978-3-03835-237-2

- [18] KUČERIKOVÁ, V. KRAUS, M., KUBEČKOVÁ, D. Analysis of the Degradation of External Plasters in the Buildings with ETICS, *Advanced Materials Research*, Vol 1041, pp. 15-18, Oct. 2014. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1041.15
- [19] Rovnaníková, P. 2002. Plasters: chemical and technological properties. Prague: Society for the Protection of Monuments of technology
- [20] Internetové stránky, Zdroj: https://ostrava.educanet.cz/www/biologie/index30433043.html?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=91
- [21] Internetové stránky, Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Trepka_velk%C3%A1
- [22] Internetové stránky, Zdroj: <https://nahliznidokn.cuzk.cz/>
- [23] Internetové stránky, Zdroj: <https://en.wikipedia.org/wiki/Dothideomycetes>
- [24] Internetové stránky, Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cer%C5%88_st%C5%99%C3%ADdav%C3%A1
- [25] Internetové stránky, Zdroj: <http://www.sinicearasy.cz/pokr/Chlorophyta>
- [26] KALINA, Tomáš; VÁŇA, Jiří. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Praha: Karolinum, 2005. 606 s. ISBN 80-246-1036-1.
- [27] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.vzdelavani-dh.cz/publicCourse?id=59&head=121&subhead=288>
- [28] Internetové stránky, Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zne%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD_ovzdu%C5%A1%C3%AD_v_%C4%8Cesku
- [29] Internetové stránky, Zdroj: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOFF_CZ.html
- [30] Internetové stránky, Zdroj: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2019_enh/pollution_locality/mp_TOFFA_CZ.html
- [31] Internetové stránky, Zdroj: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2019_enh/pollution_overview/mp_TOFFA_PM10_CZ.html
- [32] Internetové stránky, Zdroj: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html
- [33] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.cista-fasada.cz/ochrana/>
- [34] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.stavba-profi.cz/2020/03/21/plisne-na-fasadach-domu-proc-vznikaji-co-mohou-zpusobit-a-jak-jim-predchazet/>
- [35] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.cista-fasada.cz/blog/znalecky-posudek-plisne/>
- [36] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.zofi.cz/10-nejcastejsich-chyb-pri-realizaci-zatepleni-fasady>

[37] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.cista-fasada.cz/blog/rasy-plisne-fasadach/>)

[38] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.cista-fasada.cz/blog/cisteni-fasad-a-vyberove-rizeni-svj/>

[39] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.cista-fasada.cz/blog/zkracovani-zivotnosti-fasad-pri-opakovanem-myti>

[40] Internetové stránky, Zdroj: <https://www.stachema.cz/files/files/STACHEMA-TP-Sanace-Fasad-nahled.pdf>

[41] Internetové stránky, Zdroj: https://www.cista-fasada.cz/wp-content/uploads/znalecka_zprava_-_stav_zateplene_fasady_-_letovska_544_p8.pdf

9 Publikační a tvůrčí činnost k tématu disertační práce

- [42] **KUBEČKOVÁ, Magdaléna**, Veronika KUČERIKOVÁ a Darja KUBEČKOVÁ. Reduction of power demands of block of flats with additional thermal insulation of facades and subsequent occurrence of microorganisms on their outer surface. International journal of interdisciplinarity in theory and practice. Editura Adoram, 2016, 10(ITPB - NR.: 10, YEAR: 2016), s. 145-149. ISSN 2344-2409
- [43] **KUBEČKOVÁ, Magdaléna**, Veronika KUČERIKOVÁ a Darja KUBEČKOVÁ. Occurrence of Microorganisms on Insulated Facades in the Selected Locality (Ostrava – Poruba). In: Applied Mechanics and Materials. Volume 861. Durnten-Zurich: Trans Tech Publications, 2017. s. 255-262. ISBN 978-3-0357-2070-9.
- [44] **KUBEČKOVÁ, Magdaléna**, Veronika KUČERIKOVÁ a Darja KUBEČKOVÁ. Microorganisms Growing on Insulated Façades. In: Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II : proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, 29 June - 1 July 2016, High Tatras Mountains, Tatranské Matliare, Slovak Republic. Abingdon: Taylor & Francis, 2016. s. 507-512. ISBN 978-1-138-03224-8.
- [45] KUČERIKOVÁ, Veronika, **Magdaléna KUBEČKOVÁ** a Darja KUBEČKOVÁ. Development of microbiological vegetation on facades of thermally insulated houses. In: Architectural Engineering and Civil Engineering (AECE2016) : proceedings of the international conference : December 9-11, 2016, Shanghai, China. Paris: Atlantis Press, 2016. s. 220-223. ISBN 978-94-6252-298-5.
- [46] **VRBOVÁ, M.**, NEČAS, O. MICROBIOLOGICAL GROWTH ON ADDITIONALLY INSULATED FACADES OF PREFABRICATED PANEL APARTMENT BUILDINGS IN SELECTED LOCATIONS IN OSTRAVA. CONCLUDING ASSESSMENT. In 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM 2019 : conference proceedings : 30 June - 6 July, 2019, Albena, Bulgaria. Volume 19. Issue 6.1. Sofia : STEF92 Technology Ltd., 2019, s. 1001-1008. ISBN 978-619-7408-83-6
- [47] **VRBOVÁ, M.**, NEČAS, O. MICROBIOLOGICAL GROWTH ON ADDITIONALLY INSULATED FACADES OF PREFABRICATED PANEL APARTMENT BUILDINGS IN SELECTED LOCATIONS IN OSTRAVA. THERMAL TECHNICAL ISSUES. In 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM 2019 : conference proceedings : 30 June - 6 July, 2019, Albena, Bulgaria. Volume 19. Issue 6.1. Sofia : STEF92 Technology Ltd., 2019, s. 1009-1016. ISBN 978-619-7408-83-6
- [48] Darja Kubečková & Michal Kraus & Ingrid Juhásová Šenitková & **Magdaléna Vrbová**, 2020. “The Indoor Microclimate of Prefabricated Buildings for Housing: Interaction of Environmental and Construction Measures,” Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 12(23), pages 1-20, December. ISSN 2071-1050

10 Seznam norem, softwaru a ostatní prameny

- [49] ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie. Praha: ČNI, 2005
- [50] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2002
- [51] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2007
- [52] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2011
- [53] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Navrhované hodnoty veličin. Praha: ČNI, 2005
- [54] ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. Praha: ČNI, 2005
- [55] Zákon č. 201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší
- [56] Svoboda, Z. AREA 2009 pro Windows. Výpočtový program pro PC
- [57] Svoboda, Z. TEPLO 2009 pro Windows. Výpočtový program pro PC
- [58] Microsoft Office, aplikace Excel pro Windows. Výpočtový program pro PC
- [59] Výsledky rozborů ve spolupráci s oddělením Bionanotechnologie VŠB-TUO

11 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Vyhodnocení laboratorní analýzy v Moravské Ostravě pro vzorky M1-M6.

Tabulka č. 2: Vyhodnocení laboratorní analýzy v Porubě pro vzorky P1-P6.

Tabulka č. 3: Rizika vybraných faktorů biotického napadení.

12 Seznam grafů

Graf č. 1: Vyhodnocení výskytu mikroorganismů vůči světovým stranám ve vybrané lokalitě.

Graf č. 2: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na struktuře vnější omítky ve vybrané lokalitě.

Graf č. 3: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na tloušťce tepelné izolace, lokalita č. 1 – Moravská Ostrava.

Graf č. 4: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na tloušťce tepelné izolace, lokalita č. 2 – Poruba.

Graf č. 5: Vyhodnocení závislosti četnosti výskytu mikroorganismů na barevnosti fasády. Lokalita č. 2 – Poruba.

13 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Spora venkovní, plísňe rodu *Alternaria* velikost 50 μ m. Decimetrová plocha povlaku plísně produkuje tisíce takových spor.

Obrázek č. 2: Napadená fasáda v blízkosti zeleně – Poruba 2016.

Obrázek č. 3: Napadená zastíněná fasáda – Poruba 2016.

Obrázek č. 4: Napadená fasáda v oblasti meziokenních pásů – Poruba 2016.

Obrázek č. 5: Různé typy povrchových úprav finálních omítek (rýhovaná a zrnitá) – Poruba 2016.

Obrázek č. 6: Nevhodné řešení detailů při zateplení ETICS – Poruba 2016.

Obrázek č. 7-11: Místa namáhaná působením zvýšené vlhkosti na nechráněných odstříkových plochách

Obrázek č. 12: Požadavky na součinitel přestupu tepla UN [W / (m².K)] v České republice v letech 1962-2019 pro obvodové zdi.

Obrázek č. 13: Vztah tloušťky tepelné izolace ETICS d v mm a teploty povrchu fasády θ_{se} ve °C.

Obrázek č. 14: Průběh relativní vlhkosti štitové stěny (keramzitbeton) panelové soustavy T06B.

Obrázek č. 15: Umístění lokality č.1 vzhledem k průmyslové zóně dolní oblasti Vítkovic.

Obrázek č. 16: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Moravské Ostravě s vyznačením četnosti napadení mikroorganismy (v barvě modrá a červená) a s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze M1-M6.

Obrázek č. 17: Umístění lokality č.2 vzhledem k obytné části v blízkosti zeleně Poruba.

Obrázek č. 18: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Porubě s vyznačením četnosti napadení mikroorganismy (v barvě modrá a červená) a s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze P1-P6.

Obrázek č. 19: Fotodokumentace rýhované a zrnité omítky 1-2, 2-4 mm.

Obrázek č. 20: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Moravské Ostravě s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze M1-M6.

Obrázek č. 21: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M1.

Obrázek č. 22: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M1.

Obrázek č. 23: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M2.

Obrázek č. 24: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M2.

Obrázek č. 25: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M3.

Obrázek č. 26: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M3.

Obrázek č. 27: Zobrazení vzdálenosti vodního prvku od zkoumané fasády.

Obrázek č. 28: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M4.

Obrázek č. 29: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M4.

- Obrázek č. 30: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M5.
- Obrázek č. 31: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M5.
- Obrázek č. 32: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku M6.
- Obrázek č. 33: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: M6.
- Obrázek č. 34: Letecká fotodokumentace sídliště, zkoumaná lokalita v Porubě s vyznačením odběru vzorků k laboratorní analýze P1-P6.
- Obrázek č. 35: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P1.
- Obrázek č. 36: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P1.
- Obrázek č. 37: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P2.
- Obrázek č. 38: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P2.
- Obrázek č. 39: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P3.
- Obrázek č. 40: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P3.
- Obrázek č. 41: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P4.
- Obrázek č. 42: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P4.
- Obrázek č. 43: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P5.
- Obrázek č. 44: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P5.
- Obrázek č. 45: Napadená fasáda bytového panelového domu – odběr vzorku P6.
- Obrázek č. 46: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x. Označení vzorku: P6.
- Obrázek č. 47: Umístění měřicí stanice českého hydrometeorologického ústavu v lokalitě č. 1.
- Obrázek č. 48: Umístění měřicí stanice českého hydrometeorologického ústavu v lokalitě č. 2.
- Obrázek č. 49: Obrázek č. 49: Přehled imisních hodnot z roku 2019, informace o kvalitě ovzduší v ČR.
- Obrázek č. 50: Podrobný přehled imisních hodnot z roku 2019, informace o kvalitě ovzduší v ČR.
- Obrázek č. 51: Souhrnný přehled imisních hodnot z let 2010–2019, informace o kvalitě ovzduší v ČR.
- Obrázek č. 52: Mikrofotografie výluhu vzorku při zvětšení 400x.
- Obrázek č. 53: Foto rodinného domu 2011.
- Obrázek č. 54: Foto rodinného domu 2016.
- Obrázek č. 55: Umístění rodinného domu ve vztahu k nejbližšímu okolí.
- Obrázek č. 56: Napadená fasáda před aplikací sanačních opatření a detail struktury fasády.
- Obrázek č. 57: Foto zobrazení použitých preventivních opatření.
- Obrázek č. 58: Odstraňovače plísní MYKOL S a hydrofobní povrchová ochrana WATERSTOP nano.

Obrázek č. 59: Odstraňovače plísní ALG ODSTRAŇOVAČ, prevence DETOXY ALG a hydrofobní prostředek BTProtect.

Obrázek č. 60: Fotodokumentace 2019, účinnost sanačních opatření.

Obrázek č. 61: Fotodokumentace leden 2021, nová fasáda.

Obrázek č. 62: Odběr vzorků P1, M4 a M5 s mikroskopickým potvrzením přítomnosti hub třídy Dothideomycetes.

Obrázek č. 63: Následky chybného provedení dodatečného zateplení panelových bytových domů.

14 Použité zkratky

ETICS¹ – vnější kontaktní zateplovací systém (External thermal insulation composite systém)
EPBD I, EPBD II² - Evropské směrnice o energetické náročnosti a efektivitě budov (EPBD I, II, EED)

PM10³ – Polétavý prach neboli pevné částice (particulate matter). Částice menší než 10 µm. Částice jsou tvořeny komplexní směsí mnoha různých druhů látek včetně sazí(uhlíku), částic síranů, kovů a anorganických solí jako je i mořská sůl. Významným zdrojem je tzv. sekundární prašnost, zvíření již usazeného prachu (těžba, doprava, stavebnictví). V domácnosti může být zdrojem polétavého prachu například svíčka, lak na vlasy, nebo jen hořící vařič.

Agenda 21⁴–Místní strategie udržitelného rozvoje. Je to proces, při němž se zpracovává vize a realizuje akční plán rozvoje místa. Základem je, že při procesu plánování i realizace rozvoje obce, města, regionu uplatňují principy udržitelného rozvoje.

15 Seznam příloh

- Základní tepelně technické vlastnosti
- Biocidní přípravky
- Profesní životopis
- Technický list ALG odstraňovač
- Technický list Detoxy ALG
- Technický list BTProtect
- Technický list WATERSTOP NANO
- Technický list MYKOL S